



国家示范性高等职业院校重点专业建设项目成果

工程机械运用与维护专业核心课程


挖掘机运用与维护

WAJUEJI YUNYONG YU WEIHU

邓水英 主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



国家示范性高等职业院校重点专业建设项目成果

工程机械运用与维护专业核心课程

本书采取模块式教学,分为八个教学单元。其中第一单元介绍挖掘机的用途、类型、总体构造和主要参数等,使学生对挖掘机有了基本认知;第二单元介绍挖掘机机械部分的构造和工作原理,训练学生装配和调整的技能;第三单元、第四单元分别介绍挖掘机液压系统、电气系统的构造和工作原理,训练学生液压系统、电气系统测试和调整的技能;第五单元介绍挖掘机整机调试的方法,训练学生整机调试的技能;第六单元介绍挖掘机操作保养的知识,训练学生的操作、保养技能;第七单元介绍挖掘机故障排除的知识,训练学生的综合能力;第八单元介绍轮胎式挖掘机,使学生对挖掘机有更全面的认识。

本书是高职工程机械运用与维护专业核心课程“挖掘机运用与维护”的配套教材,也可作为从事挖掘机装配、调试及售后服务工作的员工培训材料。

北京大学出版社

地址:北京市海淀区成府路205号

邮编:100871

编辑部:(010)62754934

发行部:(010)62750672

出版部:(010)62754962

E-mail:zyjy@pup.cn

http://www.pup.cn

ISBN 978-7-301-18269-7



9 787301 182697 >

定价:27.00元

国家示范性高等职业院校重点专业建设项目成果
工程机械运用与维护专业核心课程

挖掘机运用与维护

邓水英 主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书采取模块式教学,分为八个教学单元。其中第一单元介绍挖掘机的用途、类型、总体构造和主要参数等,使学生对挖掘机有了基本认知;第二单元介绍挖掘机机械部分的构造和工作原理,训练学生装配和调整的技能;第三单元、第四单元分别介绍挖掘机液压系统、电气系统的构造和工作原理,训练学生液压系统、电气系统测试和调整的技能;第五单元介绍挖掘机整机调试的方法,训练学生整机调试的技能;第六单元介绍挖掘机操作保养的知识,训练学生的操作、保养技能;第七单元介绍挖掘机故障排除的知识,训练学生的综合能力;第八单元介绍轮胎式挖掘机,使学生对挖掘机有更全面的认识。

本书是高职工程机械运用与维护专业核心课程“挖掘机运用与维护”的配套教材,也可作为从事挖掘机装配、调试及售后服务工作的员工培训材料。

图书在版编目(CIP)数据

挖掘机运用与维护/邓水英主编. —北京:北京大学出版社, 2011. 1
ISBN 978-7-301-18269-7

I. ①挖… II. ①邓… III. ①挖掘机—操作—高等学校:技术学校—教材 ②挖掘机—维修—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TU621

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 246182 号

书 名: 挖掘机运用与维护

著作责任者: 邓水英 主编

策 划 编 辑: 傅 莉

责 任 编 辑: 傅 莉

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-18269-7/U · 0043

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62754934 出版部 62754962

网 址: <http://www.pup.cn>

电 子 信 箱: zyjy@pup.cn

印 刷 者: 山东省高唐印刷有限责任公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 13.5 印张 332 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 27.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

丛 书 序

长期以来,高职工程机械运用与维护专业基本沿袭本科相应专业的课程设置,开设有“工程机械底盘”、“工程机械”、“工程机械液压系统分析”、“工程机械电气设备”等主干专业课程,这些课程的教材是通过提取种类繁多的工程机械的某些共性部分编写而成。毫无疑问,这种课程体系对学生掌握较宽泛的专业知识是有极大帮助的,但对于培养生产一线“高技能型”人才的高职学生则显示出其局限性。

首先,这种课程体系呈现的专业知识并没有针对某一种或某一类工程机械。高职学生毕业后大多从事生产一线的具体工作,面对的是某一种具体的工程机械,学生要想对某种具体的工程机械有较全面的认识,必须将这些专业课程学到融会贯通的程度。遗憾的是,由于众所周知的原因,大部分学生往往达不到这种程度。因此,在毕业生跟踪调查中,我们往往会听到这样的声音:“在学校里我们该学的知识学得很少,没用的知识倒是学了不少!”

其次,这种课程体系不便于项目课程教学。现代工程机械是集机、电、液、气于一体的高科技产品,各组成部分是有机联系在一起的。例如,同样一种故障模式,其故障原因既可能是机械方面的,也可能是液压方面的,还可能是电气方面的。在分析这种故障的时候,各专业课的老师可能会“各自为政”,只讲与本课程有关的内容,这样就人为地割裂了工程机械各部分的联系;有的老师可能也会附带介绍涉及其他专业课程的内容,这样又造成了知识的重复传授,浪费了学时。

再次,这种课程体系不便于安排实训,尤其是与课程同步的实训。我们的学生基本上是三一重工、中联重科、山河智能等联合办学企业的“订单班”学生,毕业后从事工程机械装配、调试、售后服务及营销等方面的工作,为达到“零距离”上岗的要求,在学校就应有针对性地安排拆装、调试、故障诊断等实训项目。实际进行某个实训项目的时候,由于各专业课程的进度不一,可能某些内容学生还没有学过,以致达不到应有的实训效果。

由于上述原因,结合企业调研、毕业生跟踪调查的结论,我们在工程机械运用与维护专业(高职)人才培养目标的基础上,结合企业的人才需求(订单),进行“宽基础、活模块、重实践”的课程体系改革。改革的成果之一是将整个专业课程体系分为“推土机运用与维护”、“装载机运用与维护”、“压路机运用与维护”、“摊铺机运用与维护”、“砼泵运用与维护”等五大核心专业课程以及其他拓展专业课程。学生可根据自己的专业方向(就业方向)选择相应核心专业课程和拓展专业课程,这样可避免学那些毕业后用不到的知识,同时强化毕业后必须用到的知识,体现高职学生知识“够用为度”的原则。

调整后的专业课程不是将原课程体系的教学内容简单拼凑,而是按照“以行业需求为导向、以能力为本位、以学生为中心”的原则,把行业能力标准作为专业课程教学目标和鉴定标准,按照行业能力要求重构教学内容。

为方便新课程体系的教学实施,我们组织了本专业的骨干教师和联合办学企业的骨干技术人员编写了本套丛书,包括《推土机运用与维护》、《挖掘机运用与维护》、《压路机运用与维护》、《装载机运用与维护》、《泵与泵车运用与维护》,以后还将陆续推出其他的

系列教材。

本套丛书是各位编写人员结合多年的教学、科研、生产及管理经验，吸收了参加中德师资培训、香港理工大学职教师资培训以及教育部骨干教师培训获得的职业教育理念，按照“工学结合、项目引导、‘教学做’一体化”的原则，采用模块式结构编写而成的。丛书适合高职高专工程机械运用与维护专业实施“理实一体化”教学，也适合相关企业作为培训教材进行员工培训。

丛书的所有编写人员在此衷心感谢所有鼓励、支持、帮助过我们的领导、同事、同行和朋友！也热切盼望各位关心高职教育的同行、朋友能够对本套丛书的谬误提出批评、修改意见，您的意见是我们持续改进的动力。来信请发至 zhbgn1969@163.com。

张炳根

于 2010 年 1 月

前 言

本书是为适应高职课程教学改革的需要而编写,力图做到工学结合,以职业活动为导向,将理论知识和实践融为一体,达到培养学生具有较高的职业素质和职业技能为目的。

在职业教学改革以前,高职工程机械运用与维护专业和其他专业一样照搬本科相应专业的课程设置,开设有“工程机械底盘”、“工程机械”、“工程机械液压系统分析与故障诊断”、“工程机械电气设备”等专业主干课程。这种课程设置对大部分高职学生来说存在理论太深、实践不足,对各种工程机械不能形成一个整体意识的问题;对老师来说则存在涉猎工程机械种类多但又深度不够的问题;同时这种课程设置不能适应工程机械行业对高技能型人才的需求。

基于上述原因,通过企业调研和毕业生跟踪调查,我们对课程设置进行了改革,将工程机械运用与维护专业的课程体系分为“推土机运用与维护”、“装载机运用与维护”、“挖掘机运用与维护”、“压路机运用与维护”、“泵与泵车运用与维护”等五门核心专业课程以及其他拓展课程,使学生更好更快地适应行业需求。

本书采取模块式教学,分为八个教学单元。其中第一单元介绍挖掘机的用途、类型、总体构造和主要参数等,使学生对挖掘机有一个基本认知;第二单元介绍挖掘机机械部分的构造和工作原理,训练学生装配和调整的技能;第三单元、第四单元分别介绍挖掘机液压系统、电气系统的构造和工作原理,训练学生液压系统、电气系统测试和调整的技能;第五单元介绍挖掘机整机调试的方法,训练学生整机调试的技能;第六单元介绍挖掘机操作保养的知识,训练学生的操作、保养技能;第七单元介绍挖掘机故障排除的知识,训练学生的综合能力;第八单元介绍轮胎式挖掘机,使学生对挖掘机有更全面的认识。

本书在编写中兼顾了高职学生对理论和实践的双重要求,既需要一定的理论水平,又要有较高的实践技能。文字简练,图文并茂,深入浅出,易教易学。

本书是高职工程机械运用与维护专业核心课程“挖掘机运用与维护”的配套教材,也可作为从事挖掘机装配、调试及售后服务工作的员工培训材料。

参加本书编写工作的有:湖南交通职业技术学院邓水英(编写第一、三、七单元)、周永红(编写第二单元第1节)、廖立达(编写第二单元第3节)、张斌(编写第四单元第1节、第五章)、易磊(编写第四单元第2节)、三一集团彭继文(编写第二单元第2节)、美的集团张天琦(编写第六单元)、天津科技大学刘学风(编写第八单元)。全书由湖南交通职业技术学院邓水英担任主编,长安大学焦生杰担任主审。

本书在编写过程中得到了三一重机、华宇集团、小松公司的大力支持,得到了湖南交通职业技术学院的王定祥教授、张炳根副教授和周玉甲副教授的无私帮助,得到了长安大学博士生导师焦生杰教授的精心指点,在此深表感谢。同时还要感谢所有本书所列参考文献的编著者。

由于我们的水平有限,书中一定存在错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2010年11月

目 录

第1单元 挖掘机认知	(1)
项目 1.1 挖掘机基本情况认知	(2)
1.1.1 挖掘机的主要组成	(3)
1.1.2 挖掘机的类型	(3)
1.1.3 挖掘机的主要参数	(7)
1.1.4 挖掘机的铭牌型号	(9)
1.1.5 挖掘机的传动路线	(9)
项目 1.2 国内外挖掘机行业发展状况	(12)
1.2.1 国内外挖掘机主要产品介绍	(12)
1.2.2 国外挖掘机发展概况	(12)
1.2.3 国内挖掘机发展概况	(14)
第2单元 挖掘机主要部件的装配和调整	(17)
项目 2.1 下车部分的装配和调整	(18)
2.1.1 行走架	(19)
2.1.2 履带	(20)
2.1.3 驱动轮	(22)
2.1.4 支重轮与托链轮	(22)
2.1.5 引导轮与张紧装置	(24)
2.1.6 行走驱动	(26)
项目 2.2 回转装置的调整	(31)
2.2.1 回转支承	(32)
2.2.2 回转平台	(35)
2.2.3 转台的布置	(35)
2.2.4 转台驱动	(36)
项目 2.3 工作装置的拆装和更换	(40)
2.3.1 反铲工作装置的构造和工作原理	(40)
2.3.2 正铲工作装置的构造和工作原理	(45)
2.3.3 破碎器的构造和工作原理	(46)
第3单元 挖掘机液压系统的测试和调节	(51)
项目 3.1 SY200 型挖掘机液压系统的检测和调试	(52)
3.1.1 主泵构造及工作原理	(55)
3.1.2 主阀结构及工作原理	(58)
3.1.3 回转马达结构及工作原理	(65)

3.1.4	行走马达结构及工作原理	(67)
3.1.5	液压油缸	(71)
3.1.6	中央回转接头	(71)
3.1.7	先导阀	(72)
项目 3.2	PC200 型挖掘机液压系统的检测和调试	(75)
3.2.1	液压泵	(77)
3.2.2	主控制阀	(81)
3.2.3	自压减压阀	(89)
项目 3.3	CAT320 型挖掘机液压系统工作原理	(94)
3.3.1	液压系统工作原理	(94)
3.3.2	主泵及其调节器的构造和工作原理	(96)
第 4 单元	挖掘机电气系统的测试和调节	(105)
项目 4.1	SY200 型挖掘机电气系统的测试和调节	(106)
4.1.1	挖掘机常用传感器	(106)
4.1.2	步进电动机	(109)
4.1.3	SY200 型挖掘机电气系统工作原理	(115)
项目 4.2	CAT320 型挖掘机电气系统工作原理	(123)
4.2.1	发动机控制系统和主泵控制系统	(123)
4.2.2	监控系统	(128)
4.2.3	电气辅助系统	(134)
第 5 单元	挖掘机整机调试	(137)
项目 5.1	SY200 型挖掘机整机调试	(138)
项目 5.2	DH225 型挖掘机整机性能检测	(142)
第 6 单元	挖掘机操作使用和保养	(145)
项目 6.1	熟悉挖掘机驾驶室	(146)
项目 6.2	挖掘机基本操作	(152)
项目 6.3	挖掘机定检维护	(157)
项目 6.4	挖掘机施工作业	(162)
6.4.1	挖掘机的选型	(162)
6.4.2	挖掘机的施工工艺	(163)
项目 6.5	挖掘机的调迁	(170)
第 7 单元	挖掘机常见故障诊断	(173)
项目 7.1	挖掘机液压系统故障诊断	(174)
7.1.1	液压系统故障的概念	(174)
7.1.2	液压系统故障的特点	(174)
7.1.3	液压系统故障诊断方法	(175)
项目 7.2	挖掘机电气系统故障诊断	(181)
7.2.1	挖掘机电气系统故障检测与诊断的基本步骤	(181)

7.2.2 电气系统故障检测与诊断的基本方法	(182)
项目 7.3 挖掘机综合故障诊断	(188)
第 8 单元 轮胎式挖掘机	(191)
项目 8.1 轮胎式挖掘机行走系统	(192)
8.1.1 行走传动机构	(192)
8.1.2 悬挂装置	(194)
8.1.3 轮胎式挖掘机支腿的布置与构造	(195)
项目 8.2 轮胎式挖掘机转向系统	(198)
项目 8.3 轮胎式挖掘机制动系统	(201)
附录 挖掘机试验技术及检测标准	(205)
参考文献	(206)

第 1 单元

挖掘机认知

工程机械通常分为铲土运输机械、挖掘机械、起重机械、压实机械、桩工机械、路面与凿岩机械、钢筋混凝土机械与风动工具、工程车辆等大类，每大类工程机械又包括许多不同类型的品种。挖掘机属于挖掘机械大类，本书重点介绍单斗液压履带式挖掘机。

本单元将通过一个项目和一个专题主要介绍挖掘机的用途、组成、类型、铭牌型号、主要参数和国内外挖掘机行业状况。

项目 1.1 挖掘机基本情况认知

项目 1.2 国内外挖掘机行业发展状况

项目 1.1 挖掘机基本情况认知



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解挖掘机的应用。
- (2) 了解履带式液压挖掘机的类型。

2. 能力目标

- (1) 能够正确说明履带式液压挖掘机的组成。
- (2) 能够正确说明挖掘机主要参数的含义。



相关知识

如图 1-1、图 1-2 所示分别为履带式反铲和正铲挖掘机。挖掘机是一种多用途土石方施工机械，它是用铲斗上的斗齿切削土壤并装入斗内，装满土后提升铲斗并回转到卸土地点卸土，然后再使转台回转、铲斗下降到挖掘面，进行下一次挖掘。挖掘机在建筑、筑路、水利、电力、采矿、石油、天然气管道铺设和军事工程中被广泛地使用。挖掘机主要进行土石方挖掘、装载，还可进行土地平整、修坡、吊装、破碎、拆迁、开沟等作业，如图 1-3 所示。据统计，工程施工中约 60% 的土石方量是靠挖掘机完成的。



图 1-1 履带式反铲挖掘机



图 1-2 履带式正铲挖掘机



图 1-3 挖掘机各种作业情况

1.1.1 挖掘机的主要组成

挖掘机主要由动力装置、行走装置、回转装置、工作装置及液压系统、电气系统和辅助设备等组成,如图1-4所示。挖掘机通常为全回转式,以回转支承为界,可将单斗液压挖掘机分为上车部分和下车部分。发动机、工作装置、液压系统、电气系统、驾驶室等辅助设备都安装在可回转的平台上,通常称为上车部分,将行走装置等称为下车部分。

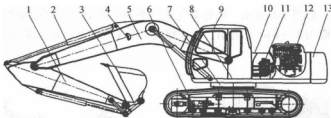


图 1-4 单斗液压反铲挖掘机主要组成

1-斗杆; 2-斗杆油缸; 3-铲斗; 4-工作灯; 5-动臂; 6-行走装置; 7-回转支承;
8-回转平台; 9-驾驶室; 10-履带件; 11-液压系统; 12-动力装置; 13-配重

挖掘机的动力装置一般采用柴油机,通过减振装置固定在转台上。以大宇 DH225LC 挖掘机为例,该机采用康明斯 6BTA5.9-C 柴油机为动力,为其行走装置、回转装置和工作装置等提供动力。

行走装置支撑挖掘机的整机质量并完成行走任务,多采用履带式和轮胎式。

工作装置用来直接完成挖掘任务,包括动臂、斗杆、铲斗和连杆机构等。

回转装置使上车部分向左或向右回转,以便进行挖掘和卸料。单斗液压挖掘机的回转装置必须能把转台支撑在车架上,不能倾斜并使回转轻便灵活。因此,单斗液压挖掘机设有回转支撑装置(起支撑作用)和回转传动装置(驱动转台回转),它们被统称为回转装置。

液压系统将发动机输出的动力传递给工作装置和行走装置。

液压挖掘机电气控制系统主要是对发动机、液压泵、主阀和执行元件(液压缸、液压马达)的一些温度、压力、速度、开关量进行检测并将有关检测数据输给挖掘机的专用控制器,控制器综合各种测量值、设定值和操作信号发出相关控制信息,对发动机、液压泵、主阀和整机进行控制。

除此之外,挖掘机还有燃油箱、液压油箱、驾驶室、空调等辅助设备。

1.1.2 挖掘机的类型

挖掘机可按尺寸大小、用途、动力装置、行走装置、工作装置、作业过程等方面进行分类。

1. 按尺寸大小分

整机质量小于 20 吨的,称为小型挖掘机;整机质量在 20~59 吨之间的,称为中型挖

掘机；整机质量为 60 吨及以上的，称为大型挖掘机。

2. 按用途分

(1) 建筑型挖掘机。建筑型挖掘机有履带式、轮胎式和汽车式（如图 1-5 所示）等几种。其工作装置一般有正铲、反铲、抓斗、吊钩等，斗容量一般小于 2 m^3 ，适用于挖掘和装载 I～IV 级土壤或爆破后的 V～VI 级岩石。

(2) 采矿型挖掘机（专用型）。采矿型挖掘机主要采掘爆破后的矿石和岩石，一般只用正铲工作装置，如图 1-6 所示。按作业要求，个别采矿型挖掘机还配有拉铲装置和起重装置，斗容量一般为 $2 \sim 8 \text{ m}^3$ ，适用于挖掘爆破后的 V～VI 级的矿石和岩石。



图 1-5 汽车式挖掘机

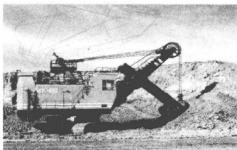


图 1-6 采矿型挖掘机

(3) 剥离型挖掘机。剥离型挖掘机有履带式（如图 1-7 所示）和步行式两种，用于露天矿表层剥离和大型基本建设工程。履带式为正铲工作装置，采用铰接动臂或具有辅助动臂的特种结构形式，斗容量一般为 $4 \sim 53 \text{ m}^3$ ，由多台发动机驱动；采用双履带、四履带或八履带行走装置。步行式为拉铲工作装置，斗容量一般为 $4 \sim 25 \text{ m}^3$ ，由多台发动机驱动；行走装置采用步行原理，以解决在松软或沼泽地面上的行走和稳定问题（使用这种行走装置，当整机的质量为 $160 \sim 1400$ 吨时，作用在地面上的压力仅为 $0.08 \sim 0.15 \text{ MPa}$ ）。

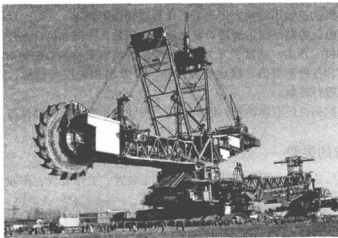


图 1-7 履带式挖掘机

(4) 隧道挖掘机。隧道挖掘机具有特种工作装置和较小的转台尾部回转半径,专用于在隧道、坑道、地铁等狭窄的条件下工作,进行挖掘和装载 I~IV 级土壤或爆破后的 V~VI 级岩石。它通常有短臂式和伸缩臂式两种形式。

3. 按动力装置分

挖掘机按动力装置分为电动机驱动式、内燃机驱动式、复合型驱动式(柴油机-电力驱动、柴油机-液力驱动、柴油机-气力驱动、电力-液力驱动、电力-气力驱动)等。筑路用单斗挖掘机由于其流动性比较大,斗容量不太大,故一般都是采用内燃机驱动形式。

4. 按传动方式分

(1) 机械传动型。机械传动是指工作装置的动作是通过绞车、钢索和滑轮来实现的,挖掘机的动力装置通过齿轮和链条等传动件带动绞车、行走及回转等机构,并通过离合器、制动器控制其运动状态。机械传动常在大中型挖掘机中采用,其特点是结构复杂,机械质量大,但传动效率高、工作可靠。

(2) 半液压传动型。半液压传动即工作装置、回转装置、行走装置中并不全采用液压传动。一般工作装置采用双作用液压缸执行动作,行走和回转采用机械传动或只有机械传动的单斗液压挖掘机称为半液压传动挖掘机。

(3) 全液压传动型。如果回转和行走采用液压马达驱动,工作装置通过油缸执行其动作,则称为全液压挖掘机。因液压传动具有传动机构简单、质量小、挖掘机的工作性能好等优点,所以在中小型挖掘机上基本采用全液压传动。

5. 按行走装置分

(1) 履带式挖掘机。履带式挖掘机具有重心低、接地比压小、通过性强等优点,所以大中型挖掘机多采用这种形式。

(2) 轮胎式挖掘机。轮胎式挖掘机是采用特制的增大轮距的底盘,以增加其稳定性;同时具有可根据需要伸出和缩回的液压支腿。轮胎式挖掘机的特点是机动灵活,能自行快速地转移工地且不破坏路面;但其稳定性较差,许多小型的液压挖掘机多采用这种行走装置。一般市政等单位多采用轮胎式挖掘机进行各种管道的开挖和日常维护修理。轮胎式挖掘机相关内容在第八单元专题介绍。

(3) 汽车式挖掘机。汽车式挖掘机比轮胎式挖掘机的运行速度更快,其他与轮胎式的相似。

6. 按工作装置分

(1) 正铲挖掘机。当铲斗置于停机面开始挖掘时,正铲挖掘机的斗口朝外(前),它适合挖停机面以上的工作面;对于液压操纵的正铲挖掘机可以挖停机面以下的工作面。

(2) 反铲挖掘机。当铲斗置于停机面开始挖掘时,反铲挖掘机的斗口朝内(后或下),工作过程中,铲斗向内转动,它适合挖停机面以下的工作面;对于液压操纵的反铲挖掘机可以挖停机面以上的工作面。

(3) 拉铲挖掘机。拉铲挖掘机的铲斗是由钢索悬吊和操纵的。铲斗在拉向机身时进行挖掘,适合开挖停机面以下的工作面,其卸土是采用抛掷卸土的方式,如图 1-8 所示。

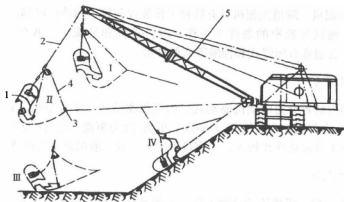


图 1-8 拉铲挖掘机

1-铲斗；2-提升钢索；3-牵引钢索；4-卸料钢索；5-起重臂

(4) 抓斗(铲)挖掘机。抓斗(铲)挖掘机的工作装置是一种带双瓣或多瓣的抓斗，对于机械操纵挖掘机，它用提升索悬挂在动臂上，斗瓣的开闭由闭合索来实现，也有液压抓斗。

7. 按工作装置的操纵方式分

挖掘机按工作装置的操纵方式可分为机械-钢索操纵式、机械-液压综合式、机械-气压综合式和全液压式。

8. 按作业过程分

挖掘机按作业过程可分为单斗挖掘机(周期作业)和多斗挖掘机(连续作业)。

单斗挖掘机是以一个铲斗进行挖掘作业的机械，是目前挖掘机中重要的品种。多斗挖掘机是一种由若干个挖斗连续循环进行挖掘作业的挖掘机械，主要用于Ⅳ级以下土壤中挖取土方或开挖沟渠、剥离采料场或露天矿场上的浮土、修理坡道以及装卸松散物料等作业。

多斗挖掘机可分为链斗式多斗挖掘机和轮斗式多斗挖掘机(如图 1-9 所示)。链斗式多斗挖掘机是将挖斗连接在挠性构件(斗链)上；轮斗式多斗挖掘机是将轮斗固定在刚性构件(斗轮)上，以刚性斗轮取代斗链，斗轮装在动臂端部，动臂长度和倾角可调，转台可旋转，能挖出多种多样的掌子面。

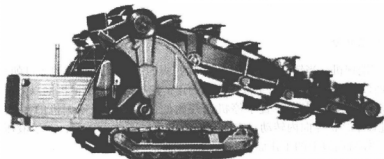


图 1-9 轮斗式多斗挖掘机

1.1.3 挖掘机的主要参数

挖掘机的主要参数（或称基本参数）有以下几类：尺寸参数（如工作尺寸、机体外形尺寸和工作装置尺寸等），重量参数（如整机质量、各主要部件或总成的重量等），功率参数（如发动机、液压系统及主要机构功率、力和速度等），经济指标参数（如作业周期、生产率等）。

液压挖掘机主要参数中最重要的参数有3个，即斗容量、整机质量和发动机功率。因为通过这3个参数可以从使用要求、机械本身的技术性能和技术经济指标、动力装置的配套、国际上统一的标准以及传统习惯等方面反映液压挖掘机的级别。目前普遍采用整机质量作为液压挖掘机的分级指标。

1. 挖掘机的外形尺寸

挖掘机的外形尺寸包括整机长、宽、高，国产挖掘机外形尺寸单位用mm表示，如图1-10所示。

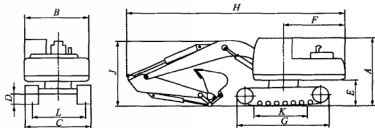


图 1-10 挖掘机的外形尺寸

A-整机高度；B-整机宽度；C-履带外侧宽度；D-车架离地间隙；E-配重距地面高度；F-尾部回转半径；G-履带长度；H-运输状态整机长度；J-运输状态全高；K-履带接地长度；L-履带轨距

2. 标准斗容

挖掘机的标准斗容是指挖掘Ⅲ级或容重为 $18\,000\text{ N/m}^3$ 的土壤时，铲斗堆尖时的斗容量 (m^3)。挖掘机的斗容示意图如图1-11所示。

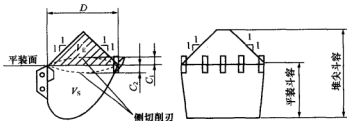


图 1-11 挖掘机的斗容

平装斗容是铲斗侧壁、前后壁以及平装面所包容的物料体积 V_s ；堆尖斗容 V_R 是平装斗容的体积 V_s 再加上平装面以上物料以 $1:1$ (45°) 安息角（松散土从高处落下形成土堆时自然形成的土堆坡角称为安息角）堆积的体积 V_E 。标准斗容 V_R 是指堆尖斗容，用公式表示为：

$$V_R = V_s + V_E \quad (1-1)$$

3. 整机质量

整机质量是指带反铲或正铲工作装置时的整机工作质量（吨）。

4. 发动机功率

发动机功率指发动机的额定功率，即正常运转条件下本身消耗以外的输出净功率。

SY200 型挖掘机主要性能参数参见表 1-1。

表 1-1 SY200 型挖掘机主要性能参数

整机质量		20 吨	液压油缸	动臂油缸	2-Φ120×Φ85×1260
发动机	型号	6HT5.9-C		斗杆油缸	Φ140×Φ100×1430
	功率	101.5 kW		铲斗油缸	Φ120×Φ85×1020
	转速	2000 rpm	回转速度 12.5 rpm		
液压主泵最大流量 L/min		2×207	行走速度 3.2/5.5 km/h		
伺服流量 L/min		20	作业参数	标准斗容	0.85 m³
系统压力	工作装置 MPa	31.4		最大挖掘半径	9900 mm
	行走系统	34.3		最大挖掘深度	6640 mm
	回转系统	26.5		铲斗最大挖掘力	138 kN
	伺服系统	3.9		斗杆最大挖掘力	98 kN
履带板宽度		600 mm	轮 距 3260 mm		
爬坡度		70%	轨 距 2200 mm		
接地比压			接地比压 0.05 MPa		
整机外形尺寸			9425 mm×2800 mm×2975 mm		

如图 1-12 所示为挖掘机的作业范围。

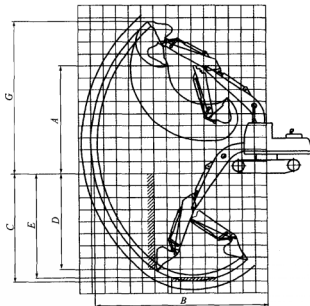


图 1-12 挖掘机作业范围

A-最大卸载高度；B-最大地面挖掘半径；C-最大挖掘深度；D-最大垂直挖掘深度；E-水平直线清底挖掘深度；G-最大挖掘高度

1.1.4 挖掘机的铭牌型号

1. 国产挖掘机的传统命名方式

我国定型生产的挖掘机型号表示方法参见表 1-2，这是传统的命名方式。

表 1-2 国产单斗挖掘机型号编制

类	组	型	代 号	代号含义	主参数	
					名 称	单 位
挖 掘 机	单 斗 挖 掘 机	履 带 式	W	机械单斗挖掘机	标准斗容量	$\text{m}^3/100$
			WD	电动单斗挖掘机		
			WY	液压单斗挖掘机		
			WB	长臂单斗挖掘机		
		轮 胎 式	WS	隧道单斗挖掘机		
			WL	轮胎式机械单斗挖掘机		
			WLD	轮胎式电动单斗挖掘机		
			WLY	轮胎式液压单斗挖掘机		

例如，WY160 型号的含义如下：

WY——液压单斗挖掘机；

160——主参数，斗容为 1.6 m^3 。

2. 国产挖掘机的新命名方式

近年来，我国引进了多种挖掘机机型，基本与进口挖掘机命名方式相同。

例如，SY200 型号的含义如下：

SY——厂家的简称；

200——主参数，表示整机质量为 20 吨。

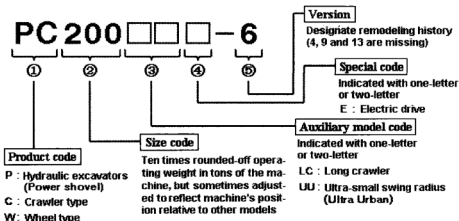
3. 进口挖掘机的命名方式

以小松系列挖掘机的命名方式为例，各字母或数字的含义如图 1-13 所示。

1.1.5 挖掘机的传动路线

单斗液压挖掘机的传动系统将柴油机的输出动力通过液压系统传递给行走机构、回转装置和工作装置等。单斗液压挖掘机的液压系统通常采用双泵双回路变量系统。如图 1-14 所示，柴油机驱动两个油泵，把高压油送到两个分配阀，操纵分配阀将高压油再送往有关执行元件（液压缸或液压马达）驱动相应的机构工作。

为了节省燃油消耗，一些挖掘机生产厂家也研发出混合动力挖掘机，其行走机构和工作装置采用液压传动，回转装置采用电驱动。



- ① 产品代码 (Product code): P 表示液压挖掘机, C 表示履带式, W 表示轮胎式;
- ② 尺寸代码 (Size code): 十倍于机器的重量, 单位是吨, 有时候根据车型对照进行适当调整;
- ③ 辅助型号代码 (Auxiliary model code): 用一个字母表示, 其中, LC-长履带; UU-小回转半径;
- ④ 特殊代码 (Special code): 用 1~2 个字母表示, 其中, E-电驱动;
- ⑤ 改进型号 (Version)。

图 1-13 小松挖掘机命名方式

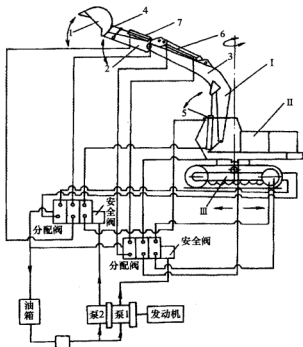


图 1-14 液压挖掘机传动示意图

- 1-铲斗; 2-斗杆; 3-动臂; 4-斗杆油缸; 5-动臂油缸; 6-斗杆油缸; 7-铲斗油缸;
I-挖掘装置; II-回转装置; III-行走装置



项目实现

本项目作为本课程的入门项目，拟通过以下3个任务的完成，达到初步了解挖掘机的目的。

任务1 了解挖掘机的应用情况

通过观看挖掘机施工录像或施工现场等形式了解挖掘机的应用情况。

任务2 熟悉挖掘机的总体构造

第一步：能够正确说明挖掘机的主要组成。

第一步：能够正确说明各主要部件的作用。

任务3 熟悉挖掘机的铭牌型号

第一步：收集国内外不同厂家挖掘机的铭牌型号。

第一步：能够正确说明型号中每个字母、数字的含义。

项目 1.2 国内外挖掘机行业发展状况

1.2.1 国内外挖掘机主要产品介绍

日本是世界上挖掘机生产、销售最多的国家之一，特别是 20~30 吨履带式挖掘机，日本挖掘机占到市场份额的 30% 以上。小松、日立、神钢、加藤、住友都生产 20~30 吨履带式挖掘机。小松 PC200-6、日立 EX200、神钢 SK200、加藤 HD200、住友 SH200 等挖掘机市场占有率很高。

美国卡特皮勒公司生产的 CAT320、CAT325 等挖掘机品质好，作业效率高，挖掘力大，适合于重负荷工作。

德国利勃海尔生产的挖掘机系列齐全，从小型到大型，从轮胎挖掘机到履带挖掘机都生产。20 世纪 80 年代我国各挖掘机生产厂引进了利勃海尔系列挖掘机。

韩国也是挖掘机生产大国，大宇（DH220）系列、现代（R210）系列在中国市场也占有很大的比重。

我国原建设部的 6 大挖掘机生产厂家有：贵阳矿山机器厂、长江挖掘机厂、上海建筑机械厂、抚顺挖掘机厂、合肥矿山机器厂、北京建筑机械厂。现在生产挖掘机的厂家很多，如柳工挖掘机系列、玉柴挖掘机系列、湖南长沙的三一重工生产的中型系列挖掘机，山河智能公司生产的小型系列挖掘机等也逐步占有一席之地。

进入 20 世纪 90 年代以来，国外挖掘机生产厂都到中国合资、独资建立挖掘机生产厂，主要有卡特皮勒-徐州有限公司、小松-山推工程机械有限公司，成都神钢建设机械有限公司、小松-常林工程机械有限公司、常州现代、烟台斗山等。

1.2.2 国外挖掘机发展概况

第一台手动挖掘机问世至今已有一百三十多年的历史，期间经历了由蒸汽驱动半回转挖掘机到电力驱动和内燃机驱动的全回转挖掘机、应用机电一体化技术的全自动液压挖掘机的逐步发展过程。

由于液压技术的应用，20 世纪 40 年代有了在拖拉机上配装液压反铲的悬挂式挖掘机，20 世纪 50 年代初期和中期相继研制出拖式全回转液压挖掘机和履带式全液压挖掘机。初期试制的液压挖掘机是采用飞机和机床的液压技术，缺少适用于挖掘机的各种工作状况的液压元件，制造质量不够稳定，配套件也不齐全。从 20 世纪 60 年代起，液压挖掘机进入蓬勃发展阶段，各国挖掘机制造厂和品种增加很快，产量猛增。1968—1970 年，液压挖掘机产量已占挖掘机产量的 83%，目前已接近 100%。

工业发达国家的挖掘机生产较早，法国、德国、美国、俄罗斯、日本等是斗容量 3.5~40 m³ 单斗液压挖掘机的主要生产国，从 20 世纪 80 年代开始生产特大型挖掘机。例如，美国马力昂公司生产的斗容量 50~150 m³ 的剥离用挖掘机，斗容量 132 m³ 的步行式拉铲挖掘机；B-E（布比赛路斯-伊利）公司生产的斗容量 168.2 m³ 的步行式拉铲挖掘机，

斗容量 107 m^3 的剥离用挖掘机等,是目前世界上最大的挖掘机。

从 20 世纪后期开始,国际上挖掘机的生产向大型化、微型化、多功能化、专用化和自动化的方向发展。

1. 开发多品种、多功能、高质量及高效率的挖掘机

为满足市政建设和农田建设的需要,国外发展了斗容量 0.25 m^3 以下的微型挖掘机,最小的斗容量仅 0.01 m^3 。另外,数量最多的中小型挖掘机趋向于一机多能,配备了多种工作装置——除正铲、反铲外,还配备了起重、抓斗(铲)、平坡斗、装载斗、耙齿、破碎锥、麻花钻、电磁吸盘、振捣器、推土板、冲击铲、集装叉、高空作业架、脚盘及拉铲等,以满足各种工况的需要。与此同时,发展专门用途的特种挖掘机,如低比压、低噪声、水下专用和水陆两用挖掘机等。

2. 迅速发展全液压挖掘机

不断改进和革新控制方式,使挖掘机由简单的杠杆操纵发展到液压操纵、气压操纵、液压伺服操纵和电气控制、无线电遥控、电子计算机综合程序控制。在危险地区或水下作业采用无线电操纵,利用电子计算机控制接收器和激光导向相结合,实现挖掘机作业操纵的完全自动化。所有这一切,挖掘机的全液压化为其奠定了基础和创造了良好前提。

3. 重视采用新技术、新工艺、新结构,加快标准化、系列化、通用化发展速度

例如,德国阿特拉斯公司生产的挖掘机装有新型的发动机调速调节装置,使挖掘机按最适合其作业要求的速度工作;美国林肯-贝尔特公司新 C 系列 LS-5800 型液压挖掘机安装了全自动液压控制系统,可自动调节流量,避免了驱动功率的浪费,还安装了 CAPS(计算机辅助功率系统),提高挖掘机的作业效率,更好地发挥液压系统的功能;日本住友公司生产的 FJ 系列五种新型号挖掘机配有与液压回路连接的计算机辅助的功率控制系统,利用精控模式选择系统,减少燃油、发动机功率和液压功率的消耗,并延长了零部件的使用寿命;德国奥加凯公司生产的挖掘机的油泵调节系统具有合流特性,使油泵具有最大的工作效率;日本神钢公司在新型的 904、905、907、909 型液压挖掘机上采用智能型空中系统,即使无经验的驾驶员也能进行复杂的作业操作;德国利勃海尔公司开发了 ECO(电子控制作业)的操纵装置,可根据作业要求调节挖掘机的作业性能,取得了高效率、低油耗的效果;美国卡特皮勒公司在新型 B 系统挖掘机采用最新的 3114T 型柴油机以及扭矩载荷传感压力系统、功率方式选择器等,进一步提高了挖掘机的作业效率和稳定性;韩国大宇公司在 DH280 型挖掘机采用了 EPOS——电子功率优化系统,根据发动机负荷的变化,自动调节液压泵所吸收的功率,使发动机转速始终保持在额定转速附近,即发动机始终以全功率运转,这样既充分吸收了发动机的功率、提高挖掘机的作业效率,又防止了发动机因过载而熄火。

4. 更新设计理论,提高可靠性,延长使用寿命

美、英、日等国家推广采用有限寿命设计理论,以传统的无限寿命设计理论和方法,并将疲劳损伤类理论、断裂力学、有限元法、优化设计、电子计算机控制的电液伺服疲劳实验技术、疲劳强调分析方法等先进技术应用干液压挖掘机的强度研究方面,促进了

产品的优质高效率 and 竞争力。美国提出了考核动强度的动态设计分析方法,并创立了预测产品失效和更新的理论。日本制定了液压挖掘机构件的强度评定程序,研制了可靠性处理系统。在上述基础理论的指导下,借助了大量实验,缩短了新产品的研究周期,加速了液压挖掘机更新换代的进程,并提高其可靠性和耐久性。例如,挖掘机的运转率达到 85%~95%,使用寿命超过 1 万小时。

5. 加强对驾驶员的劳动保护,改善驾驶员的劳动条件

液压挖掘机采用带有坠物保护结构的驾驶室,安装可调节的弹性座椅,用隔声措施降低噪声干扰。

6. 进一步改进液压系统

中小型液压挖掘机的液压系统由定量系统向变量系统转变,因为变量系统在油泵工作过程中,压力减小时用增大流量来补偿,使液压泵功率保持恒定,亦即装有变量泵的液压挖掘机可经常性地充分利用油泵的最大功率,当外阻力增大时则减小流量(降低速度),使挖掘力成倍增加。采用三回路液压系统,产生三个互不影响的独立工作运动,实现与回转机构的功率匹配。此外,液压技术在挖掘机上普遍使用,为电子技术、自动控制技术在挖掘机上的应用和推广创造了条件。

7. 迅速拓展电子化、自动化技术在挖掘机上的应用

20 世纪 70 年代,为了节省能源消耗和减少环境污染,降低挖掘机噪声,改善驾驶员工作条件,逐步在挖掘机上应用电子和自动控制技术;与此同时,随着对挖掘机工作效率、节能环保、操作轻便、安全舒适和可靠性等性能要求的提高,促使了机电液一体化在挖掘机上的应用,并使各种性能有了质的飞跃。20 世纪 80 年代,以微电子技术为核心的高新技术,特别是微机、微处理器、传感器和检测仪表在挖掘机上的应用,推动了电子控制在挖掘机上的应用和推广,并已成为挖掘机现代化的重要标志,亦即目前先进的挖掘机上设有油门控制系统、功率优化系统、功率模式控制系统、监控系统等电控系统。

1.2.3 国内挖掘机发展概况

我国挖掘机的生产起步较晚,从 1954 年抚顺挖掘机厂生产第一台斗容量 1 m^3 的机械式单斗挖掘机至今,大体上经历了测绘仿制、自主研发开发和发展提高等 3 个阶段。

新中国成立初期,以仿制前苏联 20 世纪 30—40 年代的 W501、W502、W1001、W1002 等型机械式单斗挖掘机为主,开始了我国的挖掘机生产历史。由于当时国家经济建设的需要,先后建立起十多家挖掘机生产厂。

1967 年开始,我国自主研发液压挖掘机。早期开发成功的产品主要有上海建筑机械厂的 WY100 型、贵阳矿山机器厂的 W4-60 型、合肥矿山机器厂的 WY60 型挖掘机等。随后又出现了长江挖掘机厂的 WY160 型和杭州重型机械厂的 WY250 型挖掘机等。它们为我国液压挖掘机的形成和发展迈出了极其重要的一步。

到 20 世纪 80 年代末,我国挖掘机生产厂已有三十多家,生产机型达四十余种。中小型液压挖掘机已形成系列,斗容有 $0.1 \sim 2.5\text{ m}^3$ 等 12 个等级、二十多种型号,还生产

$0.5 \sim 4.0 \text{ m}^3$ 以及大型矿用 10 m^3 、 12 m^3 机械传动单斗挖掘机, 1 m^3 隧道挖掘机, 4 m^3 长臂挖掘机, $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的排土机等, 此外还开发了斗容量 0.25 m^3 的船用液压挖掘机, 斗容量 0.4 m^3 、 0.6 m^3 、 0.8 m^3 的水陆两用挖掘机等。但总的来说, 当时我国挖掘机生产的批量小、分散, 生产工艺及产品质量等与国际先进水平相比, 有很大的差距。

改革开放以来, 我国积极引进、消化、吸收国外先进技术, 以促进我国挖掘机行业的发展。其中贵阳矿山机器厂、上海建筑机械厂、合肥矿山机器厂、长江挖掘机厂等分别引进德国利勃海尔公司的 A912、R912、A942、R922、R962、R972、R982 型液压挖掘机制造技术。稍后几年, 杭州重型机械厂引进德国德玛克公司的 H55 型和 H85 型液压挖掘机生产技术, 北京建筑机械厂引进德国奥加凯公司的 RH6 和 MH6 型液压挖掘机制造技术。与此同时, 还有山东推土机总厂、黄河工程机械厂、江苏常林机械厂、山东临沂工程机械厂等联合引进了日本小松制作所的 PC100、PC120、PC200、PC220、PC300、PC400 型液压挖掘机(除发动机外)的全套制作技术。这些厂通过数年引进技术的消化、吸收、移植, 使国产液压挖掘机产品性能指标全面提高到 20 世纪 80 年代的国际水平, 产量也逐年提高。

由于国内对液压挖掘机需求量的不断增加且多样化, 在国有大中型企业产品结构的调整中, 牵动了一些其他机械行业的制造厂加入液压挖掘机行业。例如, 中国第一拖拉机工程机械公司、广西玉柴股份有限公司、柳州工程机械厂、三一重机、山河智能股份有限公司等, 这些企业经过几年的努力已达到一定的规模和水平。玉柴股份有限公司在 20 世纪 90 年代初开发的小型液压挖掘机连续多年批量出口欧美等国家, 成为我国挖掘机行业能批量出口的企业。

我国液压挖掘机要赶超世界先进水平, 应增强创新意识, 提高产品核心竞争力, 拥有自主知识产权, 以把我国液压挖掘机产品做大做强。



问题思考

1. 挖掘机由几大部分组成? 各部分的功用分别是什么?
2. 挖掘机主要参数有哪些? 挖掘机的标准斗容是如何定义的?
3. 上网查找国内主要挖掘机厂家, 列出其主要产品。
4. 上网查找有关挖掘机最新发展技术。

第 2 单元

挖掘机主要部件的装配和调整

挖掘机主要由发动机、行走装置、回转装置、工作装置及液压系统、电气系统和辅助设备等组成。挖掘机以回转支承为界分为上车部分和下车部分。发动机、工作装置、液压系统、电气系统和驾驶室等辅助设备都安装在可回转的平台上，通常称为上车部分，将行走装置等称为下车部分。其中发动机是指柴油机，柴油机有专门的课程进行介绍；挖掘机的液压系统和电气系统比较复杂，分别在第三单元和第四单元做详细介绍；本单元将通过 3 个项目的训练使学生重点掌握挖掘机机械部分中的行走装置、回转装置、工作装置的构造、工作原理及其拆装、检测等技能。

项目 2.1 下车部分的装配和调整

项目 2.2 回转装置的调整

项目 2.3 工作装置的拆装和更换

项目 2.1 下车部分的装配和调整



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解履带式行走装置的功用和要求。
- (2) 掌握履带式行走装置的基本组成与工作原理。
- (3) 掌握履带式行走装置的构造。

2. 能力目标

- (1) 能够正确说出履带式行走装置各主要零件的名称。
- (2) 能够正确拆、装履带式行走装置。
- (3) 能够正确调整履带的张紧度。



相关知识

行走装置支撑挖掘机的整机质量并完成行走任务。挖掘机作业时常在一个位置停留较长的时间再移位，因此要求其行走装置接地比压低（一般为 $40 \sim 50 \text{ kPa}$ ），稳定性好，并有较大的牵引力、良好的越野性能及爬坡能力。

如图 2-1 所示为挖掘机履带行走装置的一般形式。履带式行走装置由“四轮一带”（即驱动轮、导向轮、支重轮、托链轮以及履带）、张紧装置、行走架等组成。

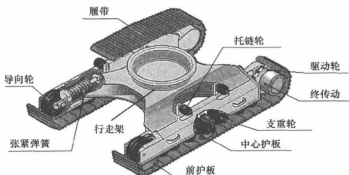


图 2-1 履带式挖掘机行走装置

挖掘机运行时，驱动轮在履带的紧边——驱动段及接地段（支撑段）产生一拉力，企图把履带从支重轮下拉出，由于支重轮下的履带与地面间有足够的附着力，从而阻止了履带的拉出，迫使驱动轮卷动履带，导向轮再把履带铺设到地面上，最终使挖掘机借支重轮

沿着履带轨道向前运行。

挖掘机行走装置两侧的驱动轮是由行走马达通过减速机构单独驱动的，因此挖掘机转向时，通过对油路的控制，很方便地实现挖掘机的直线行走和转向。挖掘机直线行走时，两个行走马达旋转方向相同，可以实现挖掘机的前进和后退。如图 2-2 所示为液压挖掘机的转弯情况：(a) 图为两个行走马达旋转方向相反、挖掘机就地转向；(b) 图为液压泵仅向一个行走马达供油，挖掘机则绕着一侧履带转向。因此挖掘机在各种地面、场地上运动时转弯半径小，机动灵活。

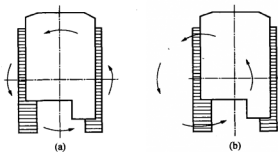


图 2-2 履带式挖掘机的转向

2.1.1 行走架

如图 2-3 所示为 WY160 型液压挖掘机的行走架，由底架、横梁和履带架组成，为 H 形结构。转台以上部分的动静载荷，经底架、横梁传给履带架。

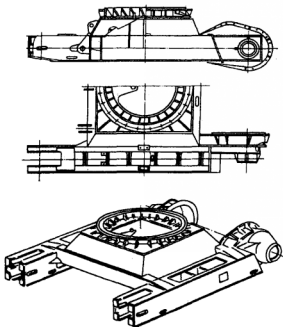


图 2-3 WY160 液压挖掘机的行走架

挖掘机的行走架多采用 16Mn 钢板焊接而成, 通常采用铸焊组合式。铸焊组合式的优点是重量轻、刚度好。回转装置滚盘的支承座部分采用铸钢件, 再与焊接底座焊成一体, 因此其既具备焊接件工艺性好的优点, 又保证了回转支承的刚度要求。

如图 2-4 所示为柳州工程机械厂 CLG 920C 液压挖掘机组合式 X 形行走架。

焊接组合式行走架加工时, 安装表面部位的加工必须达到设计要求; 行走系统焊缝外露, 因此要注意焊缝的外观和强度, 几大部件加工后再焊接, 必须注意焊接顺序, 以减少对加工尺寸的影响。

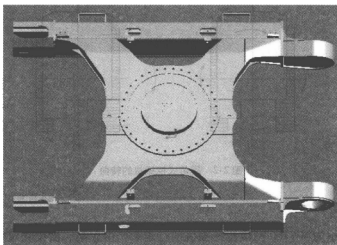


图 2-4 CLG 920C 液压挖掘机的行走架

如图 2-5 所示为一紧固件连接的组合式行走架, 将底架用高强度螺栓直接紧固在左、右履带架上, 不用横梁。这种结构制造方便, 但要用专用胎具保证装配质量。

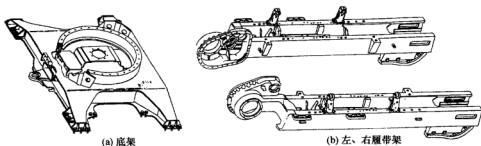


图 2-5 组合式行走架

2.1.2 履带

我国的组合式履带总成已构成系列, 一个系列适合于多种履带式工程机械 (包括挖掘机)。所谓节距是指相邻履带销中心线之间的距离, 如图 2-6 所示, t 代表的尺寸即为节距。目前已采用的标准化节距系列有 173 mm (6.811 英寸)、203 mm (8 英寸)、216 mm (8.5 英寸)、228.5 mm (9 英寸) 四种。此外还有 101 mm、125 mm、135 mm、154 mm 和 260 mm 等数种。

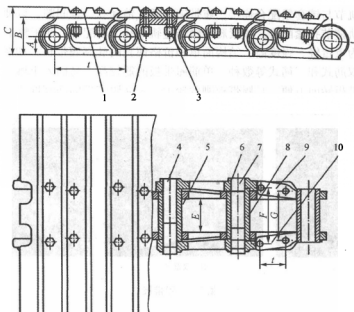


图 2-6 挖掘机用履带总成

- 1-履带板；2-螺栓；3-螺母；4-履带销轴；5-销套；6-锁紧销垫；
7-锁紧履带销；8-锁紧销套；9、10-左、右链轨节

如图 2-7 所示为履带总成分解图，它由履带板、链轨节、履带销和销套等部件组成。

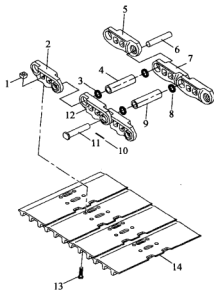


图 2-7 履带总成分解图

- 1-螺母；2、12-左链轨节；3、8-垫圈；4、9-销套；5、7-右链轨节；
6-履带销；10-开口销；11-履带主销；13-螺钉；14-履带板

左、右链轨节与销套紧配合连接，履带销轴插入销套有一定间隙，以便转动灵活，其两端与另两个链节孔紧配合。锁紧履带销与链轨节孔为动配合，便于整个履带的拆装。

履带板多为重量轻、强度高、结构简单和价格便宜的轧制履带板，如图 2-8 所示，它分为单筋式、双筋式和三筋式等数种。单筋履带板的筋较高，易插入土壤，产生较大的附着力；双筋履带板转向方便，且履带板刚度较大；三筋履带板的筋高度小，使履带板的强度和刚度提高，承载能力大，使履带运动平顺、噪声小。

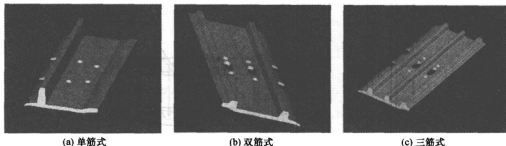


图 2-8 履带板

履带板根据不同机型而不同，推土机多采用单筋式，装载机采用双筋式，挖掘机采用三筋式（又称为三齿式）。

用于挖掘机的三齿式履带板应有较低的接地比压；履齿与地面要有一定的啮合土容量，以提供足够的附着力；履带板应有较高的抗弯强度和耐磨性；应有两个清泥孔，当卷绕履带时，借助此孔和驱动轮轮齿可以自动清除黏附在链轨节上的污泥。

为保证链轨在任一位置接地、卷绕和上部悬挂时相邻履带板间不致夹进石块而引起过高张力，履带板节距必须选择合适并有一定形状的搭接唇。当履带平放时，两相邻履带板搭接唇间隙为 4~6 mm。

履带节距小，履带运转的均匀性就好，磨损也少，行走驱动效率高。

履带板履齿应有较高的硬度，板体有较高的强度，使之既耐磨又能承受较大的冲击载荷。履带板材料大都采用 40Mn2Si 钢，调质处理后中频淬火，板体硬度为 38~45HRC，履齿硬度为 53~55HRC。

2.1.3 驱动轮

驱动轮的作用是将动力传给履带，故应啮合平稳，并在履带因销套磨损而伸长时仍能啮合良好。驱动轮实物如图 2-9 所示。

驱动轮轮齿受弯，轮齿与销套之间存在磨料磨损，节圆处磨损后会引跳齿和冲击性磨损。故驱动轮一般选用较高淬透性和较低热敏感性材料（如 50Mn、45SiMn 等）制成，以提高使用寿命。轮齿热处理采用中频淬火、低温回火，硬度为 55~58HRC。

2.1.4 支重轮与托链轮

支重轮用以将挖掘机的载荷经履带传到地面，并沿链轨踏面滚动。支重轮靠其轮缘夹持链轨，使之不至于横向脱落，而在转向时迫使履带在地面上滑移。

挖掘机的支重轮采用直轴式,如图 2-10、图 2-11 所示分别为支重轮的外观图和结构图。

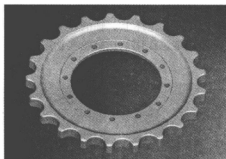


图 2-9 驱动轮实物图

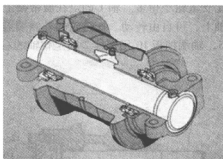


图 2-10 支重轮外观图

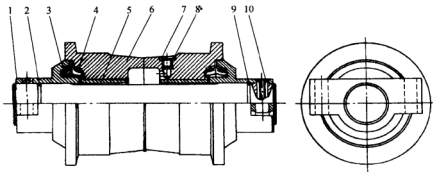


图 2-11 支重轮结构图

- 1-轴; 2-轴座; 3-浮封环; 4-浮封密封圈; 5-轴套; 6-支重轮体;
7-螺塞; 8-垫圈; 9-O 形密封圈; 10-弹性销

支重轮的工作条件差,经常浸泡在泥水中,由于地面的高低不平,行走时还受到剧烈冲击,故要求轮缘耐磨、轴承密封可靠。轮体本身要有较高的强度和抗冲击韧性,滚动面应有较高的接触强度。支重轮安装在履带架上,每边 5~9 个。

支重轮轮体材料一般为 35 Mn 或 50 Mn,加工后热处理,滚动面采用火焰淬火或整体加热喷水淬火,硬度 48~57 HRC,以获得良好的耐磨性。

支重轮均采用浮动油封、双金属套滑动轴承。这样挖掘机在低速重载、作业条件恶劣的工况下可保证良好的密封效果而无须过多保养。密封原理是密封圈变形后的弹力使两浮封环产生相对的轴向力,使面贴紧,起到磨损后的补偿作用,如图 2-12 所示。

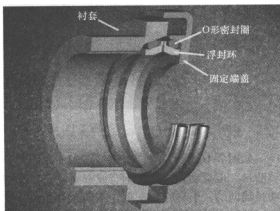


图 2-12 支重轮浮动油封

托链轮用于托起上部履带，防止履带下垂过大而造成履带运动时产生跳动和侧向摆动，可避免履带横向滑落。托链轮的结构如图 2-13 所示，其与支重轮类似，但所受载荷要比支重轮小得多。轴 1 固定在履带架上，轮体 6 内部也压装耐磨轴套 7 和 8，并套装在轴上，可自由转动。托链轮的外侧端盖 3 用螺栓 2 安装在轮体上。轴的左侧装有浮动油封 5，轴端挡板 10 用螺栓 2 固定在轴的右侧，对轮体起定位作用。托链轮实物图如图 2-14 所示。

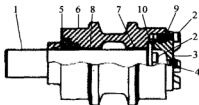


图 2-13 托链轮

1-轴；2-螺栓；3-端盖；4-螺塞；5-浮动油封；
6-轮体；7、8-轴套；9-密封圈；10-轴端挡板

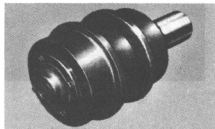


图 2-14 托链轮实物图

2.1.5 引导轮与张紧装置

引导轮用以正确卷绕履带。大部分挖掘机的引导轮兼起支重轮的作用，可以增加履带的接地长度，减少接地比压。一般引导轮做得和驱动轮一样大，使履带架结构简单，受力情况得到改善。如图 2-15 所示为引导轮与张紧装置组装后的外观图。

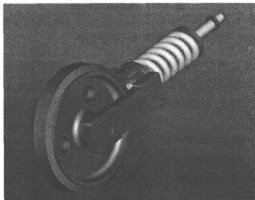


图 2-15 引导轮与张紧装置外观

如图 2-16 所示为履带节距为 203 mm 的两种引导轮。挖掘机的引导轮采用直轴式、浮动油封，但滑动轴承采用钢套或双金属套。挖掘机不同于铲土运输机械，作业时其行走运动是辅助的，引导轮和支重轮不需经常加油，故采用油塞灌油润滑。

挖掘机引导轮体可采用铸钢，如图 2-16 (a) 所示；也可采用焊接箱形结构，如图 2-16 (b) 所示，外形美观且可防止泥沙黏附。

引导轮轮体材料为40号、45号钢或35Mn、50Mn铸钢，轮缘通常不加工，热处理调质硬度为230~270 HB。

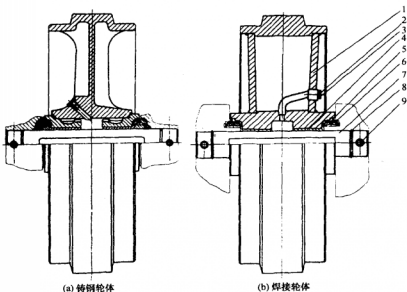


图 2-16 引导轮

- 1-导向轮体；2-螺栓；3-垫圈；4-轴套；5-浮动环套；6-浮动胶圈；
7-轴；8-O形密封圈；9-弹性销

履带应保持一定的张紧度，太松会发生脱轨掉链等故障，并增加行走时的冲击载荷和附加的功率消耗；太紧也增加功率消耗并加速履带的磨损。因此，每条履带都设有张紧装置，可随时调整使履带保持一定的张紧度。一般采用纵向移动引导轮调整履带张紧度。现代的挖掘机已广泛采用液压式张紧装置，如图2-17所示。液压缸3通过连接叉2与引导轮连接。张紧弹簧支承在行走架上。当调紧履带时，可用黄油枪向油嘴注油，履带张紧。调松履带时，可用扳手旋松油嘴，黄油溢出；调好后拧紧油嘴。

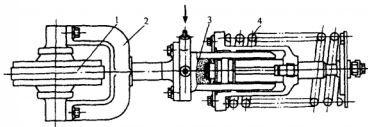


图 2-17 挖掘机履带张紧装置

- 1-引导轮；2-连接叉；3-张紧液压缸；4-缓冲弹簧

张紧装置的弹簧，在预紧后仍有一定的缓冲作用，以便在履带运动构件遇到障碍物时，可迫使引导轮克服弹簧张力向驱动轮方向移动，从而使履带松弛，起到保护运动构件的作用。

2.1.6 行走驱动

随着液压技术的进步,履带式液压挖掘机的行走驱动,多数采用两个液压马达各自传动一条履带,可分为高速小扭矩液压马达驱动和低速大扭矩液压马达驱动两类。现在挖掘机普遍采用轴向柱塞马达和两级减速机构以得到驱动轮需要的转速和扭矩。这种传动方式的优点是尺寸小、重量轻、部件通用化程度高。挖掘机的减速机构通常由两级行星减速装置构成,将从行走马达传来的高速回转运动进行减速,转换成低速大扭矩,从而增加机器的行走能力。

如图 2-18 所示为 GM 系列行走马达和减速器总成。

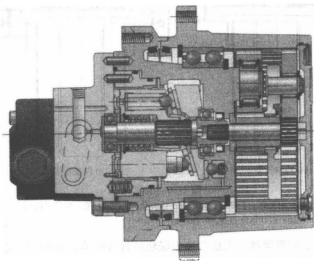


图 2-18 GM 系列行走马达和减速器总成

减速器的输出为带有法兰盘的壳体,可以与图 2-9 所示的驱动链轮直接用螺栓安装在一起。

如图 2-19 所示为双行星排行走减速器内部结构。减速器外壳体 16 和法兰盘 17 用螺栓 15 连接在一起,并通过两个球轴承 18 支承在内壳体 20 上,驱动链轮(图中未画出)通过螺纹孔 c 用螺栓固定在法兰盘 17 上。外壳体内部为两行星排共用的齿圈,随驱动链轮一起转动。内壳体通过螺纹孔 a 用螺栓固定在履带架上,内外壳体之间用浮动油封 19 密封。斜盘式轴向柱塞马达(参见图 2-18)安装在内壳体内部,并通过螺纹孔 b 用螺栓紧固。一级太阳轮 11 上的花键轴插在马达输出轴的花键孔内,因此马达的输出轴直接驱动一级太阳轮 11 转动。一级行星轮 21 通过滚针轴承 8 支承在一级行星轮轴 9 上。第一行星排的太阳轮 11 通过行星轮 21 驱动一级行星架 14 转动,而该行星架通过齿形花键与二级太阳轮 12 连接在一起,而二级太阳轮通过滑动轴承支承在一级太阳轮 11 上。二级行星架 1 通过齿形花键与内壳体连为一体,因此固定不动。二级行星轮 5 通过滚针轴承 4 支承在二级行星轮轴 3 上。由于二级行星架固定不动,所以二级太阳轮通过二级行星轮 5 驱动齿圈转动,最终带动外壳体及驱动链轮一起转动,实现液压挖掘机履带底盘的行走驱动。

斜盘式轴向柱塞行走马达的内部带有液压制动阀和排量转换机构,用来实现行走制动和行走速度转换。

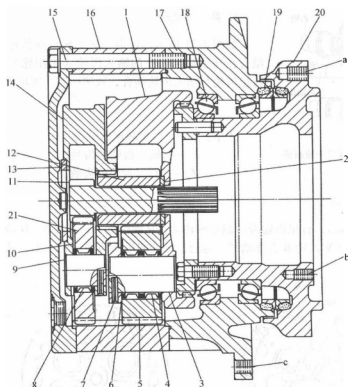


图 2-19 挖掘机减速器结构图

1-二级行星架；2-垫圈；3-二级行星轴；4-轴承；5-二级行星轮；6-垫圈；7-定位销；8-轴承；9-一级行星轴；10-垫圈；11-一级太阳轮；12-二级太阳轮；13-隔离垫圈；14-一级行星架；15-螺栓；16-外壳体；17-法兰盘；18-球轴承；19-浮动油封；20-内壳体；21-一级行星轮；a、b、c-螺纹孔

小松 PC 系列挖掘机行走驱动也采用轴向柱塞马达和两级减速实现，其减速机构通常由行星减速装置（第一次减速）和差动齿轮减速装置（第二次减速）构成，以实现减速增扭的目的，如图 2-20 所示。

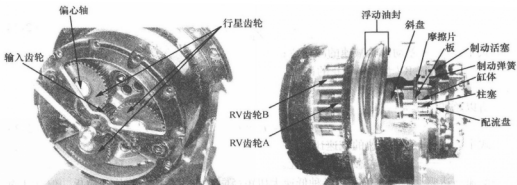


图 2-20 PC 系列挖掘机行走马达和减速器总成

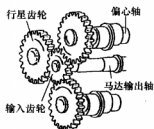


图 2-21 减速器第一级减速

1. 第一级减速

如图 2-21 所示, 行走马达回转运动传递到以花键形式结合在马达输出轴上的输入齿轮 (太阳轮) 上, 这时 3 个行星齿轮与输入齿轮啮合, 减速回转, 实现第一次减速。

$$i_1 = -\frac{Z_s}{Z_i} \quad (2-1)$$

式中: i_1 ——行星减速的减速比;

Z_i ——输入齿轮的齿数;

Z_s ——行星齿轮的齿数。

2. 第二级减速

如图 2-22 所示, 行星齿轮带动偏心轴转动, 从而引起 RV 齿轮 A、B 做偏心运动, 然后 RV 齿轮 A 和 RV 齿轮 B 会推动销子运动, 销子的运动传递到轮毂上, 从而实现第二次减速。

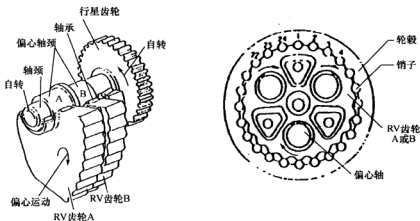


图 2-22 减速器第二级减速

减速比如下:

$$i_2 = -\frac{Z_p}{Z_p - Z_R} \quad (2-2)$$

式中: i_2 ——差动齿轮减速的减速比;

Z_R ——RV 齿轮 A、B 的齿数;

Z_p ——销子数。

所以总减速比为:

$$i = i_1 \times i_2 \quad (2-3)$$

式中: i_1 ——行星减速的减速比;

i_2 ——差动齿轮减速的减速比。

低速马达驱动方式一般采用各种低速大扭矩径向柱塞式马达, 使传动简化, 但马达自身结构复杂, 重量大。



项目实现

本项目选用 SY200 型挖掘机作为实训设备。

任务1 履带张紧装置的调整

第一步：如图 2-23 所示，把上车部分回转 90°，然后降下铲斗把履带提离地面。保持动臂和斗杆之间的夹角在 90°~110°，并将铲斗圆弧部放于地面。在机器架下放置垫块，以支撑机器。回转履带倒退两整圈，然后回转履带前进两整圈。



图 2-23 履带张紧度调节准备状态

第二步：在履带架中部测量从履带架到履带板底面间的距离 A，如图 2-24 所示。如果下垂量不在规定值以内，可根据实际情况来调松或者调紧履带。

第三步：调松履带。

(1) 用合适的套筒扳手按逆时针方向缓慢地旋转阀①放松履带，如图 2-25 所示。润滑脂将从润滑脂出口排出。

(2) 如果润滑脂不能顺利地排出，可把履带提离地面，并缓慢地回转履带。

(3) 在获得适当的履带下垂量后，按顺时针方向把阀①拧紧到规定扭矩值。

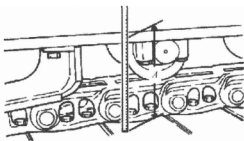


图 2-24 测量履带下垂量

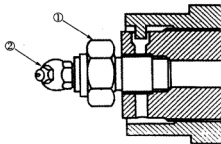


图 2-25 调整履带下垂量

第四步：调紧履带。

调紧履带时，可把润滑脂枪接在润滑脂嘴②上，加入润滑脂，直到履带下垂量达到规定为止，如图 2-25 所示。

第五步：在调整好两侧履带的下垂量后，前后移动几次机器，检查行走是否正常。



任务2 行走装置的装配和调整

第一步：在履带架上安装托链轮。

第二步：翻转履带架，安装支重轮。

第三步：在履带架上安装左行走马达和左驱动轮，步骤如下：

螺纹孔清丝→清理行走马达安装面上的防锈剂→安装行走马达→安装驱动轮。

第四步：在履带架上安装右行走马达和右驱动轮。

第五步：安装回转接头和行走马达油管。

第六步：安装引导轮和张紧装置。

第七步：安装密封组件和回转支承，步骤如下：

安装面清理→安装密封组件→安装回转支承等。

第八步：安装履带，步骤如下：

打开履带→将上面已组装好的行走装置组件放在履带上→起吊履带一头→利用压销工装将履带主销压入，合拢履带→打入润滑脂→判定间隙。

装配行走装置时要注意以下几点。

- (1) 注意履带的方向。前面的履带片搭在后面的履带片上面，此时引导轮朝前。
- (2) 压销前，要检查是否与履带配套，并除锈。
- (3) 压销时，履带销的插入量要对称。
- (4) 装配后要保证托链轮与链链节的间隙小于 2 mm。
- (5) 装配后要保证导向轮与第一个托链轮中间的履带下垂量为 25 ~ 35 mm。

项目 2.2 回转装置的调整



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解挖掘机回转装置的功用和要求。
- (2) 掌握挖掘机回转装置的基本组成与工作原理。
- (3) 掌握挖掘机回转装置驱动方式。

2. 能力目标

- (1) 能够正确分析挖掘机回转装置工作原理。
- (2) 能够正确拆装回转驱动减速器。
- (3) 能够正确检测回转支承的间隙。



相关知识

液压挖掘机回转装置由回转平台（简称转台）1、回转支承 3 和回转驱动机构 2 等组成，如图 2-26 所示。回转支承的外座圈用螺栓与转台连接，带齿的内座圈与行走架 4 用螺栓连接，内、外座圈之间设有滚动体。挖掘机工作装置作用在转台上的垂直载荷、水平载荷和倾覆力矩通过回转支承的外座圈、滚动体和内座圈传给底架。回转机构的壳体固定在转台上，用小齿轮与回转支承内座圈上的齿圈相啮合。小齿轮既可绕自身的轴线自转，又可绕转台中心线公转，当回转机构工作时转台就相对底架进行回转。

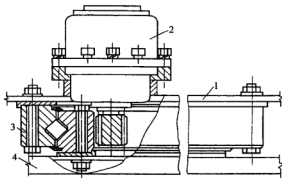


图 2-26 回转装置

1-回转平台；2-回转驱动机构；3-回转支承；4-行走架



2.2.1 回转支承

液压挖掘机回转装置的支撑分为转柱式和滚动轴承式两种。其中滚动轴承式应用较为广泛,本节仅介绍滚动轴承式的基本结构。

滚动轴承式回转支承是在普通滚动轴承的基础上发展起来的,结构上相当于放大的滚动轴承,如图 2-27 所示。与传统的回转支承相比,滚动轴承式回转支承具有尺寸小、结构紧凑、承载能力大、回转摩擦阻力小、滚动体与滚道之间的间隙小、维护方便、使用寿命长、易于实现“三化”等一系列优点。同时,它与普通滚动轴承相比又有其特点:普通滚动轴承的内、外座圈的刚度依靠轴与轴承座的装配来保证,而它则由转台和行走架来保证;回转支承的转速低,通常承受轴向载荷、倾覆力矩和径向载荷,因此滚道上的接触点的载荷循环次数较少。

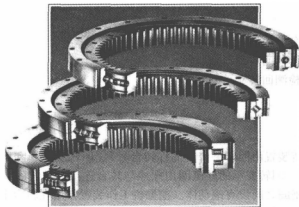


图 2-27 回转支承实物图

滚动轴承式回转支承由内、外座圈(内座圈或外座圈可加工带内齿或外齿)、滚动体、密封装置、润滑装置和连接螺栓等组成。

滚动轴承式回转支承可作如下分类:按滚动体形式有滚珠式和滚柱式(包括锥形和鼓形滚动体),按滚动体排数有单排式、双排式和多排式,按滚道型式有曲面(圆弧)式、平面式和钢丝滚道式等。

1. 单排滚珠式回转支承

如图 2-28 所示,单排滚珠式回转支承的滚道是圆弧形曲面,滚道断面的半径 R 与滚珠 4 直径 d_0 的数值关系一般为 $R=0.52d_0$,滚道断面的中心偏滚珠中心,与滚珠内切于 A、B、C、D 四点,接触角 α (作用力与水平线的夹角)一般为 45° ,可以传递不同方向的轴向载荷、径向载荷和倾覆力矩。座圈有剖分式和整体式两种。整体式座圈成本低,刚度大。为了便于将滚珠装入滚道,外座圈 6 上开有径向装填孔,如图 2-28(a)所示,待滚珠全部装入后用挡销 2 塞住。

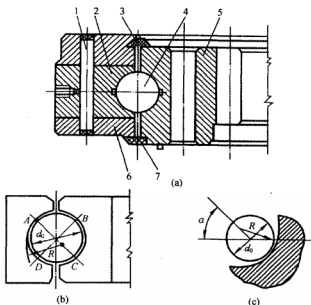


图 2-28 单排滚珠式回转支承

1-止推销；2-挡销；3、7-密封圈；4-滚珠；5-内齿圈；6-外座圈

2. 双排滚珠式回转支承

如图 2-29 所示，滚珠分上、下两排布置。由于上排滚珠的载荷大，下排滚珠的载荷小，因此上排滚珠比下排滚珠大。图 2-29 (a) 为双排异径滚珠式轴承，图 2-29 (b) 为双排同径滚珠式轴承。接触角制成能自由移动 90° 的方式，以利于承受较大的轴向载荷和倾覆力矩。

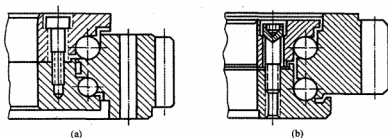


图 2-29 双排滚珠式回转支承

3. 交叉滚柱式回转支承

如图 2-30 所示，滚动体呈圆柱形或圆锥形，相邻滚珠按轴线交叉排列，滚道为平面，接触角通常为 45° ，同样可以传递不同方向的轴向载荷、径向载荷和倾覆力矩。滚柱与滚道理论上是线接触，滚动接触应力分布在整个滚道面上，比滚珠式集中在一条狭窄带上的

疲劳寿命要高。此外,平面滚道也容易加工。但对连接构件的刚度和安装精度的要求比滚珠式的高,否则,滚柱与滚道会出现边缘载荷,过早地破坏滚道面,产生噪声,降低使用寿命。当倾覆力矩很大时,为使滚柱受力均衡,接触角可做成大于 45° ,或将滚柱交叉排列由1:1改为2:1。

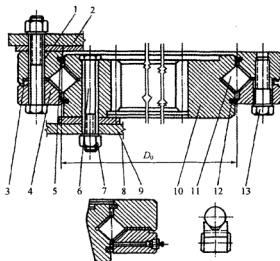


图 2-30 单排交叉滚柱内齿式回转支承

1-上外座圈; 2-转台; 3-调整垫片; 4-下外座圈; 5、12-密封装置; 6-连接螺栓;
7-螺母; 8-垫圈; 9-行走架; 10-带齿内座圈; 11-滚柱; 13-螺钉

4. 组合滚子式回转支承

如图 2-31 所示,组合滚子式回转支承类似于双排滚珠式回转支承,但其第三排滚柱垂直于上、下两排滚子,主要传递径向载荷。上、下两排滚柱在滚道上滚动时有很小的滑动,为了使滑动摩擦减小到不发生影响,滚柱直径与滚道中心直径之比大于等于 $1:35$,或将滚柱做成锥形,上、下两排锥形滚子轴线应相交于回转中心线上。

组合滚子式回转支承主要用于载荷大、具有较大直径的大型回转支承的液压挖掘机上。

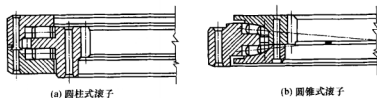


图 2-31 组合滚子式回转支承

在上述回转支承形式中,使用最广泛的是单排滚珠式、双排滚珠式和交叉滚柱式 3 种。

2.2.2 回转平台

挖掘机的发动机、液压系统、电气系统、驾驶室、配重以及其他辅助装置安装在回转平台（简称转台）上。回转平台是连接上车部分和下车部分的重要部件，需要具备足够的刚度，如图 2-32 所示。

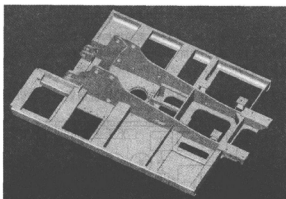


图 2-32 回转平台实物

回转平台的主要承载部分是由钢板焊接成的抗扭和抗弯刚度很大的箱形框架结构主梁，动臂及其液压缸就支撑在主梁的凸耳上，如图 2-33 所示。大型挖掘机的动臂支撑多用双凸耳，而小型挖掘机则多用单凸耳。主梁下有衬板和支撑环与回转支承连接，左、右侧焊有小框架作为附加承载部分。转台支撑处应有足够的刚度，以保证回转支承正常运转。

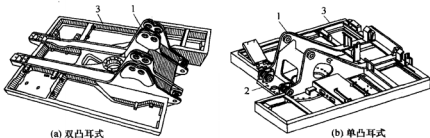


图 2-33 转台结构

1-凸耳；2-支撑环；3-主梁

2.2.3 转台的布置

液压挖掘机工作时转台上部自重和载荷的合力位置是经常变化的，并偏向载荷方面。为平衡载荷力矩，转台上的各个部件需要合理布置，并在尾部设置配重，以改善转台下部结构的受力，减轻回转支承的磨损，保证整机的稳定性。

如图 2-34 所示为国产 WY160 型全液压挖掘机的转台布置，发动机 1 横向布置在转台尾部。

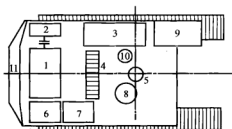


图 2-34 WY160 型挖掘机转台布置

- 1-发动机；2-液压泵；3-油箱；4-阀组；5-中央回转接头；6-水、油冷却器；
7-燃油箱；8-回转马达；9-驾驶室；10-回转润滑装置；11-配重

如图 2-35 所示为日产 HC-300 型半液压挖掘机的转台布置，发动机 1 纵向布置在转台尾部。

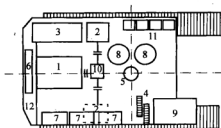


图 2-35 HC-300 型挖掘机转台布置

- 1-发动机；2-液压泵；3-油箱；4-阀组；5-中央回转接头；6-水油冷却器；
7-油冷却器；8-回转马达；9-驾驶室；10-分动箱；11-蓄电池；12-配重

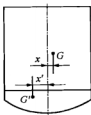


图 2-36 调整配重横向位置

液压挖掘机转台布置的原则是左右对称，尽量做到质量均衡，较重的总成、部件靠近转台尾部。此外，还要考虑各个部件工作上的协调、维修方便等。有时转台布置受结构尺寸限制，重心偏离纵轴线，致使左、右履带接地比压不等，影响行走架结构强度和挖掘机行驶性能。此时可通过调整配重的重心来解决，如图 2-36 所示。图中 x 与 x' 分别为转台重心与配重重心偏离纵轴线值。

确定挖掘机转台布置还要综合考虑自身稳定性、工作稳定性以及行走稳定性等。

2.2.4 转台驱动

液压挖掘机的转台驱动一般有两种选择方案：低速大转矩马达方案和高速小转矩马达方案。第一种方案采用低速大转矩马达作为回转机构的驱动装置，中间不需要减速机，可将液压马达直接与回转小齿轮连接，结构简单，便于安装，但低速大转矩马达成本较高，可靠性不如高速马达；第二种方案采用高速马达作为回转驱动装置，中间加机械减速装置（如图 2-37 所示），得到驱动平台回转所需要的转速和转矩，该方案成本较低，可靠性高，因此得到广泛应用。行星式回转减速器结构紧凑，价格合理，工作可靠，有取代低速大转矩马达的趋势。

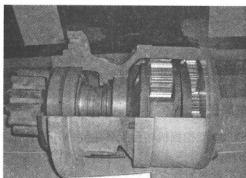


图 2-37 川崎系列回转驱动减速器

如图 2-38 所示为行星回转减速器的内部结构。该回转减速器为双行星排结构。回转马达通过端面法兰用螺栓与回转减速器连接，回转马达的输出花键轴插在回转减速器一级太阳轮 11 的花键孔中，一级太阳轮驱动一级行星轮 2 沿齿圈 4 滚动，带动一级行星架 1 旋转。一级行星架通过花键与二级太阳轮 12 相连接，二级太阳轮再驱动二级行星轮 5 沿齿圈 4 滚动，从而驱动二级行星架通过回转立轴直接驱动输出小齿轮 8 旋转。由于回转减速器用螺栓固定在回转平台上，所以输出小齿轮将沿回转滚盘的大齿圈滚动，进而带动回转平台回转。

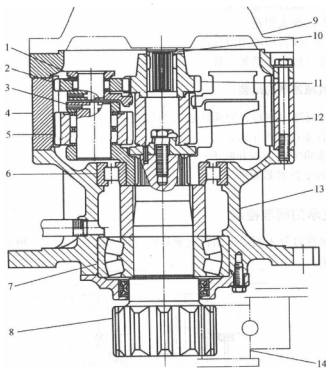


图 2-38 挖掘机回转马达和减速器总成

1—一级行星架；2—一级行星轮；3—二级行星架；4—齿圈；5—二级行星轮；6—滚柱轴承；7—球面滚柱轴承；8—输出小齿轮；9—马达壳体；10—马达输出轴；11—一级太阳轮；12—二级太阳轮；13—减速器壳体；14—回转支承



项目实施

本项目选用 SY200 型挖掘机作为实训设备。

任务 1 挖掘机转台布局图绘制

第一步：正确说明 SY200 型挖掘机转台上各主要部件的名称。

第二步：绘制转台布局图。

第三步：相互讨论该布置图的特点。

任务 2 回转装置减速器的拆装

一、回转装置减速器的拆卸

第一步：拆卸螺栓，分开回转马达和减速器。

第二步：拆下一级太阳轮。

第三步：在一级行星架上安装起重吊环，将一级行星架连同一级行星轮吊出。

第四步：解体一级行星轮架组件。

第五步：拆下二级太阳轮。

第六步：拆卸二级行星轮架组件。

第七步：解体二级行星轮架组件。

二、回转装置减速器的组装

组装按拆卸的反顺序进行，但须注意以下几点：

- (1) 检查所有零件是否正常；
- (2) 用清洗油将零件清洗并吹干；
- (3) 按规定力矩拧紧紧固件。

任务 3 回转支承的间隙检测

第一步：将磁性百分表固定在回转支承外圈（或内圈），如图 2-39 所示，并将探针接触到内圈（或外圈）。

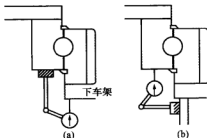


图 2-39 百分表安装示意图

第二步：将工作装置调整到最大半径，并将铲斗齿尖调整到与转台底面相同的高度，如图 2-40 所示。这时，回转平台的前方下降，后方上升。

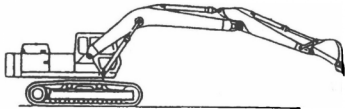


图 2-40 调整挖掘机示意图 1

第三步：将百分表调至零点。

第四步：将斗杆调至与地面垂直，然后下降动臂直至机器前端离开地面，如图 2-41 所示。这时，回转平台的前方上升，后方下降。

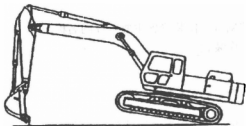


图 2-41 调整挖掘机示意图 2

第五步：读出百分表的值，此值就是回转支承的间隙。

项目 2.3 工作装置的拆装和更换



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解挖掘机工作装置的功用、要求和类型。
- (2) 掌握挖掘机工作装置的基本组成与工作原理。
- (3) 掌握挖掘机工作装置的构造。

2. 能力目标

- (1) 能够正确说出挖掘机工作装置各主要零件的名称。
- (2) 能够正确更换工作装置。



相关知识

液压挖掘机的工作装置是直接用来进行挖掘作业的施工工具，它利用液压缸伸缩来完成动臂升降、斗杆推拉和转斗，其动作接近于人的手臂运动，具有较大的挖掘力和较好的作业性能。

液压挖掘机最常用的工作装置主要有反铲、正铲、破碎器，同时也能换装抓斗、起重、装载、松土、钻孔等多种工作装置。

2.3.1 反铲工作装置的构造和工作原理

反铲工作装置是液压挖掘机的一种主要工作装置形式，如图 2-42 所示。液压反铲工作装置一般由动臂 2、动臂油缸 4、斗杆油缸 1、斗杆 11、铲斗油缸 10、铲斗 5、连杆 8 和摇杆 9 等组成。其构造特点是各构件之间全部采用铰接连接，并通过改变各液压缸行程来实现挖掘过程中的各种动作。动臂的下铰点与回转平台铰接，并以动臂油缸来支承动臂，通过改变动臂液压缸的行程即可改变动臂倾角，实现动臂的升降。斗杆铰接于动臂的上端，可绕铰点转动，斗杆与动臂的相对转角由铲斗油缸控制，当斗杆油缸伸缩时，斗杆即可绕动臂上铰点转动。铲斗则铰接于斗杆的末端，通过铲斗油缸的伸缩来使铲斗绕铰点转动。为了增大铲斗的转角，铲斗油缸一般通过连杆机构（即连杆和摇杆）与铲斗连接。液压挖掘机反铲工作装置主要用于挖掘停机面以下的土壤，如挖掘沟壕、基坑等，其挖掘轨迹取决于各液压缸的运动及其组合。

动臂油缸主要用于调整工作装置的挖掘位置，一般不单独直接挖掘土壤；斗杆挖掘可获得较大的挖掘行程，但挖掘力小一些。转斗挖掘的行程较短，为使铲斗在转斗挖掘结束

时装满铲斗, 需要较大的挖掘力以保证能挖掘较大厚度的土壤, 因此挖掘机的最大挖掘力一般是由铲斗油缸实现的。由于挖掘力大且挖掘行程短, 因此转斗挖掘可用于清除障碍或提高生产率。在实际工作中, 熟练的液压挖掘机操作人员可根据实际情况, 合理操纵各个油缸, 往往是各油缸联合作业, 实现最有效的挖掘作业。例如, 挖掘基坑时由于挖掘深度较大, 并要求有较陡而平整的基坑壁, 则采用动臂和斗杆同时工作; 当挖掘基坑底时, 挖掘行程将结束, 为加速装满铲斗, 或挖掘过程中调整切削角时, 则需要铲斗油缸和斗杆油缸同时工作。

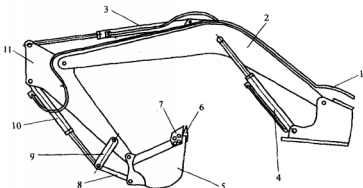


图 2-42 反铲

1-斗杆油缸; 2-动臂; 3-油臂; 4-动臂油缸; 5-铲斗; 6-斗齿;
7-侧齿; 8-连杆; 9-插杆; 10-铲斗油缸; 11-斗杆

铰接式反铲是单斗液压挖掘机最常用的结构型式, 用钢板焊成的动臂、斗杆和铲斗等主要部件彼此铰接, 在液压缸的作用下各部件绕铰接点摆动, 完成挖掘、提升和卸土等动作。

1. 动臂

动臂是工作装置中决定总体构造形式和其他特征的主要构件, 液压挖掘机铰接式工作装置的动臂结构一般可分为整体式与组合式两大类。

(1) 整体式动臂。

整体式单节动臂目前应用最广泛, 其主要优点是: 制造方便, 成本低, 质量轻, 能有较大的动臂转角, 装载作业效率高, 挖掘深度也比较大; 配用加长可调斗杆, 可以很好地完成垂直壁面的挖掘作业, 而且所挖掘的壁面平直整洁。整体式动臂的缺点是更换的工作装置少, 通用性较差, 故多用于长期作业条件相似的挖掘机上。

整体式动臂有直臂与弯臂两种形式。

整体直动臂构造简单、质量轻、制造方便, 适用于专用正铲和悬挂式挖掘机。反铲工作装置使用直动臂只能得到较小的挖掘深度, 故而不适用。

如图 2-43 所示为整体弯动臂。采用整体弯动臂结构可以增大挖掘深度, 但同时也会降低卸载高度。所以反铲工作装置广泛采用整体弯动臂, 其结构为钢板焊接而成的矩形变截面封闭箱形梁, 内部一般加隔板以增加强度和刚度。



图 2-43 整体弯动臂

动臂与回转平台、斗杆及各油缸的连接均采用铰接，其常见结构如图 2-44 所示。A-A 剖面图为动臂与斗杆的铰接结构，动臂与斗杆之间用带有止动板的长销 14 连接，并用螺栓固定，斗杆与动臂铰支座之间装有垫片 15，用于调整间隙；B-B 剖面为斗杆油缸在动臂上的安装结构，油缸与动臂支座之间用带有止动板的销轴连接并用螺栓固定；C-C 剖面为动臂油缸在动臂上的安装结构，动臂两侧的两个动臂油缸用一个长销穿过，使之与动臂上的支座铰接，在两端面用轴端挡板和螺栓固定；D-D 剖面为动臂与回转平台的铰接结构，孔内装有滑动轴承 2，两端面装有油封 16。

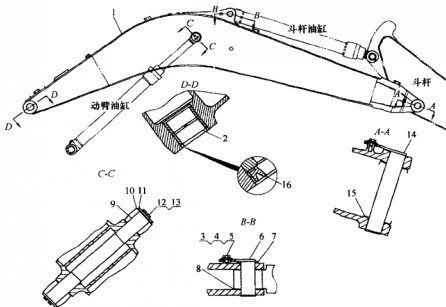


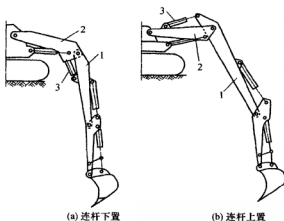
图 2-44 整体弯动臂铰接结构

- 1-动臂；2-滑动轴承；3-弹簧垫圈；4-平垫圈；5、12-螺栓；6、9、14-销；
7、8、10、15-垫片；11-轴端挡板；13-垫圈；16-油封

(2) 组合式动臂。

组合式动臂是在整体式动臂的基础上发展起来的，如图 2-45 所示，组合式动臂用辅助连杆或液压缸 3 或螺栓连接而成，它使液压挖掘机的优点得到了充分的发挥，应用也很广泛。上、下动臂之间的夹角可用辅助连杆或液压缸来调节，虽然使结构和操作复杂化，但在挖掘机作业中可随时大幅度调整上、下动臂之间的夹角，从而提高挖掘机的作业性能，尤其在用反铲或抓斗挖掘窄而深的基坑时，容易得到较大距离的垂直挖掘轨迹，提高挖掘质量和生产率。

组合式动臂的优点是：可以根据作业条件随意调整挖掘机的作业尺寸和挖掘力，且调整时间短，用油缸连接时还能无级调节，可满足各种工作装置的要求；互换性好，可采用不同的工作装置形式也多，替换方便；下动臂可适应各种工作装置要求，不需拆换，装车运输也比较方便。其缺点是：质量大，制造成本高，一般用于中、小型挖掘机上。组合式动臂有两大类：一类是长动臂配短斗杆，另一类则是短动臂配长斗杆。



(a) 连杆下置

(b) 连杆上置

图 2-45 组合式动臂

1-下动臂；2-上动臂；3-连杆或液压缸

2. 斗杆

斗杆一般是由钢板焊接而成的变截面箱形结构，如图 2-46 所示。其一端与动臂铰接，另一端与铲斗铰接。斗杆各铰点处的剖面结构示意图如图 2-47 所示。



图 2-46 斗杆

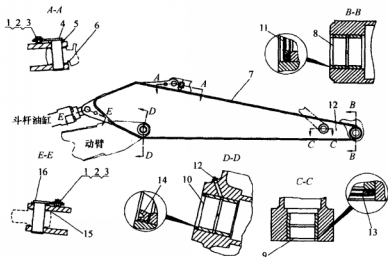


图 2-47 斗杆铰接结构

1-螺栓；2-平垫圈；3-弹簧垫圈；4、16-销；5-定距环；6、15-垫片；

7-斗杆；8、9、10-轴套；11、13、14-油封；12-油杯

A-A 剖面为铲斗油缸与斗杆连接处的支座结构。铲斗油缸用带有止动板的销 4 连接到斗杆上的油缸支座上,并用螺栓 1 固定。油缸和支座间装有垫片 6,用于调整油缸与支座间的间隙。B-B 剖面为斗杆与铲斗连接铰点的结构。铰接孔内部装有轴套 8,端面装有油封 11。C-C 剖面为摇杆与斗杆连接铰点,结构与 B-B 剖面相同。D-D 剖面为斗杆与动臂的铰接结构,内部装有轴套 10,并可通过油杯 12 加注润滑油,端面用油封 14 密封。E-E 剖面为斗杆油缸安装铰点,其结构与 A-A 剖面相同。

3. 反铲斗

反铲用的铲斗形式、尺寸与其作业对象有很大关系。为了满足各种挖掘作业的需要,在同一台挖掘机上可配以多种结构形式的铲斗,如图 2-48 所示为反铲常用铲斗形式。铲斗的斗齿采用装配式,其形式有橡胶卡销式和螺栓连接式,如图 2-49 所示。

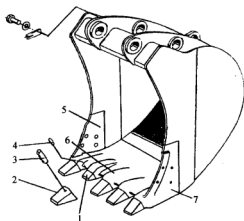


图 2-48 反铲常用铲斗结构

1-齿座; 2-斗齿; 3-橡胶卡销; 4-卡销; 5、6-斗齿板

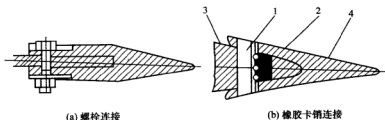


图 2-49 斗齿安装形式

1-卡销; 2-橡胶卡销; 3-齿座; 4-斗齿

4. 反铲工作原理

液压挖掘机的所有动作都是由液压系统驱动的。其驱动过程是柴油机带动两个油泵,把高压油输送到两个分配阀——操纵分配阀,然后由操纵分配阀再将高压油送往有关液压

执行元件（油缸或液压马达），以便驱动相应的机构进行工作。

液压挖掘机的工作装置采用连杆机构原理，而各部分的运动则通过油缸的伸缩来实现。反铲工作装置各部件之间的联系都采用铰接，并通过各油缸行程的变化实现挖掘过程中的各种动作。

（1）动臂的动作过程。

动臂的下铰点与转台上的连接耳相铰接，利用动臂油缸支撑，改变此油缸的行程即可使动臂绕其下铰点转动而升降。

（2）斗杆的动作过程。

斗杆与动臂的上端相铰接，利用装在动臂架上平面的斗杆油缸的行程变化，可使斗杆绕动臂上端的铰点转动。

（3）铲斗的动作过程。

铲斗与斗杆前端相铰接，并通过装在斗杆上的铲斗油缸的伸缩，使铲斗可绕斗杆前端的铰点转动。为了增大铲斗的转角，铲斗油缸通常采用连杆机构与铲斗相连。

整个工作装置的动作是通过动臂油缸的伸缩，使动臂（亦即整个工作装置）绕动臂下铰点转动，依靠斗杆油缸使斗杆绕动臂的上铰点摆动。铲斗铰接于斗杆前端，并通过铲斗油缸和连杆使铲斗绕斗杆前铰点转动。

挖掘作业时，接通回转机构液压马达，转动上部转台，使工作装置转到挖掘地点，同时操纵动臂油缸；油缸小腔进油时，油缸回缩，动臂下降至铲斗接触挖掘面，然后操纵斗杆油缸和铲斗油缸；油缸大腔进油时，油缸伸长，铲斗进行挖掘和装载。斗装满后，将斗杆油缸和铲斗油缸关闭并操纵动臂油缸大腔进油，使动臂升高挖掘面，随之接通回转马达，使铲斗转到卸载地点，再操纵斗杆和铲斗油缸回缩，使铲斗反转进行卸土。卸载完后，将工作装置转至挖掘地点，进行第二次循环挖掘作业。

实际挖掘工作中，由于土质情况、挖掘面作业条件及挖掘机液压系统等不同的不同，反铲装置三种油缸在挖掘循环中的动作配合是多种多样的，但也受到一定的限制，如能否复合动作等，上述仅为一般的工作过程。

液压挖掘机采用三组油缸使铲斗实现有限的平面运动。加上液压马达驱动回转装置产生回转运动，使铲斗运动扩大到有限的空间，再通过行走液压马达驱动行走装置，使整个挖掘机沿地面移动，可使挖掘空间沿水平方向得到间歇扩大（即坐标中心可水平移位），从而可以满足挖掘作业的要求。

2.3.2 正铲工作装置的构造和工作原理

单斗液压挖掘机的正铲结构如图 2-50 和图 2-51 所示，主要由动臂、动臂油缸、铲斗、斗底油缸等组成。

铲斗的斗底利用液压缸来开启，斗杆则铰接在动臂的顶端，由双作用的斗杆油缸使其转动。斗杆油缸的一端铰接在动臂上，另一端铰接在斗杆上。斗杆油缸的铰接形式有两种：一种是铰接在斗杆的前端，另一种是铰接在斗杆的尾端。

动臂均为单杆式，顶端呈叉形，以便与斗杆铰接。动臂有单节和双节两种。单节的动臂有长、短两种备品，可根据需要更换。双节的动臂则由上、下两节拼装而成，根据拼装点的不同，动臂的工作长度也不同。

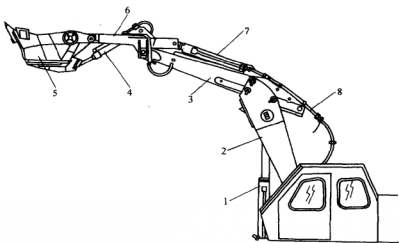


图 2-50 WY60 型液压挖掘机正铲工作装置

1-动臂油缸；2-动臂；3-加长臂；4-斗底油缸；5-铲斗；6-斗杆；7-斗杆油缸；8-液压软管

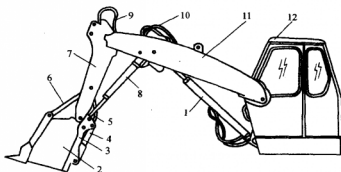


图 2-51 不带加长臂的液压挖掘机的正铲工作装置

1-动臂油缸；2-铲斗；3-斗底；4-斗底开闭油缸；5、9、10-油臂；
6-调整杆；7-斗柄；8-斗柄油缸；11-动臂；12-驾驶室



图 2-52 液压破碎器

正铲挖掘机的工作过程是先将铲斗下放到工作面的底部，然后在提升铲斗的同时使斗柄向前推压，于是铲斗强制切土，当铲斗上升到一定高度时装满土壤。斗柄回缩离开工作面，然后回转，同时调整卸料位置到卸料上方适当高度，打开斗底进行卸料。卸土完毕后，回转转台，同时调正铲斗到铲土始点。

2.3.3 破碎器的构造和工作原理

液压破碎器，又称液压锤（如图 2-52 所示），是利用液压能转化为机械能来对外做功的一种工作装置。这种工作装置主要用于打桩、开挖冻土和岩层、破坏路面表层和捣实土层等。它由带液压油缸的壳体、换向控制阀、活塞与撞击部分，以及可换的作

业工具（如凿子、扁铲、镐等）等部分组成。

液压破碎机通过附加的中间支座与斗杆连接。为了减震，在锤壳体和支座的连接处常装设橡胶缓冲装置。

1. 液压破碎机的工作原理

液压破碎器的撞击部分在双作用油缸作用下在壳体内做直线往复运动，撞击作业工具，从而进行破碎或开挖作业。

液压破碎机的工作过程如下。

由压力油路 H_p 来的液压油进入活塞 P 下端的小室 C_1 中。由于活塞上端 C_2 腔与回油路 B_p 相通，因而活塞上升，并推动换向控制阀 D 上升，如图 2-53 (a) 所示。

当换向控制阀上升到上部极限位置时，关闭了 C_2 腔回油路的通道，而接通了压力油路（处在活塞与控制阀之间），使压力油进入 C_2 腔，如图 2-53 (b) 所示。这时由于活塞上、下端受压力油作用面积的差异，使活塞产生向下运动，并撞击撞击器。在活塞向下运动的过程中打开了通道 O ，如图 2-53 (c) 所示。于是 C_2 腔中的压力油进入控制阀的上端，迫使阀体下降，从而关闭 C_2 腔与压力油的通路，打开它与回油路的通道，完成一次循环，如图 2-53 (d) 所示。蓄能器 M 可以缓和工作循环中油路内压力的波动并加快活塞撞击部分的下降速度。液压破碎机每分钟撞击次数一般可达 160 ~ 600 次或更多。

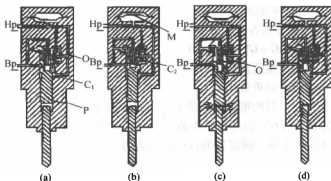


图 2-53 液压破碎机的工作原理

H_p -压力油路； B_p -回油路； D -换向控制阀； P -活塞； C_1 -活塞 P 下端的小室；

C_2 -活塞 P 的上腔； O -活塞 P 与换向控制阀 D 形成的腔； M -蓄能器

此外，还有机械式液压破碎器和气动式液压破碎器。

机械式液压破碎机的工作过程是：液压油的压力使锤的撞击部分提升，而加速下降则靠螺旋弹簧（当撞击部分提升时处于压缩状态）的能量和重力。这种液压破碎器的结构复杂，并且为了提高撞击的能量，往往不得不在很大程度上加大液压破碎器的尺寸和重量，因而限制了它的发展。

气动式液压破碎机同样是靠液压油的压力使锤的撞击部分提升，而加速下降则靠压缩空气的气动弹簧。由于在使用中必须增设压缩空气供给装置，从而造成许多不便。

2. 液压破碎器的选用

(1) 液压破碎器的选用原则。

在购买液压挖掘机时选择液压破碎器（锤）配套装置的主要目的是：在挖掘建筑物基础的作用中更有效地清理浮动的石块和岩石缝隙中的泥土。选用液压破碎器的原则是：要根据挖掘机的作业稳定性、工作装置液压回路的工作压力及功率消耗来选择最适合的液压破碎器。

应仔细阅读液压挖掘机的使用说明书，或向挖掘机生产厂家、销售商进行技术咨询。液压破碎器与挖掘机合理匹配，可使液压破碎器更好地发挥效率，保障液压破碎器和挖掘机的使用寿命。一般情况下，可主要从主机工作重量、安装液压破碎器的备用阀的输出流量和压力等方面进行考虑。

(2) 液压破碎器的选用及校核。

液压破碎器一般情况下可根据液压挖掘机主机的总重选择。与主机相匹配的参数主要有两个：主机液压泵的压力和流量、主机的总重。

选用时，可按下列公式校核：

$$G < 0.9(W + \gamma q) \quad (2-4)$$

式中：G——液压破碎器总重；

W——标准铲斗的重量；

γ ——沙土的容重；

q——标准铲斗的容量， m^3 。

$$\text{液压破碎器的总重：} G = G_1 + G_2 + G_3 \quad (2-5)$$

其中：G₁——中间支座的重量；

G₂——破碎器的重量；

G₃——作业工具的重量，如凿子、扁铲、镐等。

若液压破碎器总重（G）为标准铲斗的重量（W）和铲斗中沙土的重量（ γq ）总和的90%以下时，则可以认为液压破碎器的选用是正确的。



项目实现

本项目选用 SY200 型挖掘机作为实训设备。

任务1 铲斗的更换

铲斗通过斗杆销轴和连杆销轴与斗杆和连杆相连，如图 2-54 和图 2-55 所示。更换铲斗实际上就是拆下斗杆销轴和连杆销轴，卸下原来使用的铲斗，然后把其他铲斗或工作装置用斗杆销轴和连杆销轴与斗杆和连杆连接起来，即为安装斗杆销轴和连杆销轴的过程。

第一步：铲斗下放在平坦的地面上，在下放铲斗的过程中，要使铲斗刚好与地面接触，这样拆卸销轴时的阻力最小。

第二步：拆卸斗杆销轴和连杆销轴。把斗杆销轴和连杆销轴上的锁紧螺栓的双螺母拆下，然后卸下斗杆销轴和连杆销轴，并卸下铲斗，如图 2-56 所示。

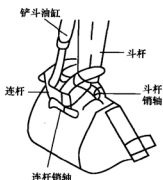


图 2-54 铲斗与斗杆和连杆的连接方式



图 2-55 铲斗上的连接孔

在此过程中，注意卸下的斗杆销轴和连杆销轴不被泥沙弄脏，轴套两端的密封不被损坏。

第三步：安装预使用的铲斗或其他工作装置。改变斗杆的位置，使斗杆上的孔与铲斗上的孔对正，连杆上的孔与铲斗上的孔对正，如图 2-55 所示；然后在斗杆销轴和连杆销轴上涂上润滑脂，并安装斗杆销轴和连杆销轴。

安装斗杆销轴时，应在图 2-56 所示的位置上，安装一个 O 形环，插入斗杆销轴后，再把 O 形环装入合适的槽中。

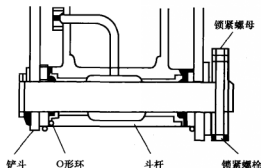


图 2-56 斗杆销轴安装时 O 形环的位置

安装连杆销轴时，先把 O 形环装入合适的槽中，再插入连杆销轴。

第四步：安装各销轴的锁紧螺栓和螺母。

第五步：启动发动机并以低速运转。操纵铲斗动作，向两个方向上缓慢地转动铲斗，以检查在铲斗移动上是否有任何干扰。如果发现有任何干扰，应及时处理。

更换铲斗过程应注意的事项如下。

(1) 用锤子敲击销轴时，金属屑可能会飞入眼中，造成严重伤害。当进行操作时，要始终配戴好护目镜、安全帽、手套和其他防护用品。

(2) 卸下铲斗时，要把铲斗稳定地放好。

(3) 用力打击销轴，销轴可能会飞出并伤害周围的人员。因此，在打击销轴之前，应确保周围人员的安全。

(4) 拆卸销轴时，要特别注意不要站在铲斗下面，也不要脚或身体的任何部位放在

铲斗的下面；拆下或安装销轴时，注意不要碰伤手。

(5) 对正孔时，不要把手指放入销孔。

(6) 更换铲斗前，要把机器停在坚实平整的地面上。进行连接工作时，为安全起见，与进行连接工作的有关人员之间，要彼此弄清信号并仔细工作。

任务2 铲斗的反装

第一步：把铲斗放在平坦的地面上。

第二步：从斗杆与连杆的每个销轴的锁定螺栓上拆下双螺母，拆下螺栓，然后拆下斗杆销轴与连杆销轴，并卸下铲斗，如图 2-57 (a) 所示。

第三步：反装铲斗，按图 2-57 (a) 中箭头所示的转动方向转动铲斗，直到转动到图 2-57 (b) 所示的位置，铲斗反转后应使斗杆和连杆与铲斗上的销轴孔对正。

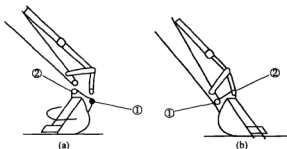


图 2-57 铲斗的反装过程

第四步：使斗杆与孔①对正，连杆与孔②对正，然后在斗杆销轴和连杆销轴上涂上润滑脂，并安装斗杆销轴和连杆销轴。

第五步：安装各销轴的锁紧螺栓和螺母。

第六步：启动发动机并以低速运转。操纵铲斗动作，向两个方向上缓慢地转动铲斗，以检查在铲斗移动上是否有任何干扰。如果发现有干扰，应及时处理。



问题思考

1. 简述挖掘机行走装置四轮一带的作用。
2. 履带过松、过紧分别会带来什么问题？说明调整履带松紧度的原理。
3. 参见图 2-21 和图 2-22，若 $Z_1 = 18$ ， $Z_2 = 42$ ， $Z_R = 23$ ， $Z_F = 24$ ，试计算行走装置的传动比。
4. 根据图 2-38 画出回转减速器传动原理图。
5. 上网或到图书馆查找 PC200 型挖掘机回转支承采取何种结构，并说明其特点。
6. 为了满足挖掘机平稳运动，对挖掘机回转机构有哪些基本要求？
7. 根据图 2-42 反铲工作装置分析动臂油缸、斗杆油缸和铲斗油缸的作用。
8. 查找资料列出液压破碎器的各种规格及使用注意事项。
9. 如何拆装斗齿？

第 3 单元

挖掘机液压系统的测试和调节

挖掘机的液压系统是由动力元件（各种液压泵）、执行元件（液压缸、液压马达）、控制元件（各种阀）以及辅助装置（冷却器、过滤器等）用油管按一定方式连接组合而成。这个系统传递、分配和控制机械动力，是液压挖掘机的关键部分。

本单元选取 SY200 型挖掘机液压系统和 PC200 型挖掘机液压系统作为重点训练项目，选取 CAT320 型挖掘机液压系统作为知识拓展。

项目 3.1 SY200 型挖掘机液压系统的检测和调试

项目 3.2 PC200 型挖掘机液压系统的检测和调试

项目 3.3 CAT320 型挖掘机液压系统工作原理

项目 3.1 SY200 型挖掘机液压系统的检测和调试



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解 SY200 型挖掘机液压系统的基本组成与工作原理。
- (2) 掌握 SY200 型挖掘机液压系统主要液压元件的功用。
- (3) 掌握 SY200 型挖掘机液压系统的检测方法。

2. 能力目标

- (1) 能够运用目视检查、开机检查检测 SY200 型挖掘机液压系统。
- (2) 能够运用仪表检查 SY200 型挖掘机液压系统的压力、流量等参数。
- (3) 能够正确拆装 SY200 型挖掘机液压系统主要的液压元件。



相关知识

液压挖掘机的工作过程包括作业循环和整机移动两项主要动作。

如图 3-1 和图 3-2 所示,单斗挖掘机的一个作业循环包括以下内容。

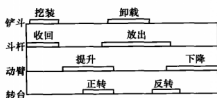


图 3-1 单斗液压挖掘机作业循环图

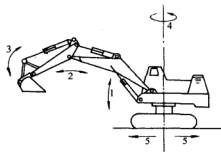


图 3-2 液压挖掘机工作示意图

1-动臂升降; 2-斗杆收放; 3-铲斗装卸; 4-转台回转; 5-整机行走

(1) 挖掘——一般以斗杆缸动作为主,用铲斗缸调整切削角度,配合挖掘。有特殊要求的挖掘动作,则根据作业要求,进行铲斗、斗杆和动臂 3 个缸的复合动作,以保证铲斗按某一特定轨迹运动。

(2) 满斗提升及回转——挖掘结束,铲斗缸推出,动臂缸顶起,满斗提升,同时回转马达启动,同时转台向卸土方向回转。

(3) 卸载——回转到卸载地点, 转台制动。调整卸载半径, 铲斗缸收回, 转斗卸载。当对卸载位置和卸载高度有严格要求时, 还需动臂配合动作。

(4) 返回——卸载结束, 转台向反方向回转。同时, 动臂缸和斗杆缸配合动作, 使空斗置于新的挖掘位置。

由于单斗液压挖掘机的动作复杂, 主要机构经常启动、制动、换向, 外负荷变化很大, 冲击和振动大, 而且野外作业的温度和环境变化大, 所以对液压系统的要求是多方面的。

根据挖掘机的工作特点, 挖掘机的液压系统应满足主机正常工作要求, 主要有以下几点。

(1) 要保证挖掘机动臂斗杆和铲斗可以各自单独动作, 也可以互相配合实现复合动作。

(2) 工作装置的动作和转台的回转既能单独进行, 又能做复合动作, 以提高挖掘机的生产率。

(3) 履带式挖掘机的左、右履带分别驱动, 使挖掘机行走方便、转向灵活, 并且可以原地转向。

(4) 保证挖掘机的一切动作可逆, 且无级变速。

(5) 保证挖掘机工作可靠, 且各执行元件有良好的过载保护; 回转机构和行走装置有可靠的制动和限速; 能防止动臂因自重而快速下降和整机超速溜坡。

(6) 充分利用发动机功率, 提高传动效率。

(7) 液压系统液压元件应保证在外负荷变化很大和急剧的冲击振动作用下仍具有足够的可靠性。

(8) 减少系统的发热总量, 设置轻便耐振的冷却装置, 使主机持续工作时, 油温不超过 85°C , 或温升不超过 45°C 。

(9) 系统的密封性能要好。由于工作场地尘土多, 油液容易污染, 要求液压元件对油液污染的敏感性低, 整个系统要设置滤油器和防尘装置。

(10) 为了减轻司机操作强度, 宜采用液压或电液伺服操纵等轻便操作装置。

液压挖掘机的液压系统根据主油泵的性能及数量、功率调节方式和回路的数量予以分类, 一般分为以下几类。

(1) 定量系统: 适用于中小型液压挖掘机。

(2) 变量系统: 通常有双泵双回路分功率变量系统和双泵双回路总功率变量系统两种主要形式。近代液压挖掘机中 90% 以上采用双泵双回路总功率变量系统。

(3) 多泵多回路复合系统: 采用两台以上主液压泵构成两个以上的回路, 用于功率在 250 kW 以上的大型液压挖掘机。

如图 3-3 所示, SY200 型挖掘机液压系统采用了双泵双回路总功率变量系统, 带 4 种功率控制模式、中位负流量控制、高压切断控制。

液压系统包括主液压系统和先导液压系统两大部分。

主液压系统中的主液压泵输出的压力油经主阀进入各执行元件中。主阀为多路换向阀, 控制回转马达、左、右行走马达、动臂油缸、斗杆油缸、铲斗油缸及破碎器的动作。其主要液压元件包括液压主泵 (双泵)、主阀、回转马达、中央回转接头、行走马达、动臂油缸、斗杆油缸、铲斗油缸等。

先导液压系统以辅助泵为动力, 主要控制主阀的换向和其他控制油路的动作等。其主要液压元件包括齿轮泵、先导阀、蓄能器、电磁阀组、滤油器、液压辅件等。

下面重点介绍液压系统各主要液压元件的构造和工作原理。

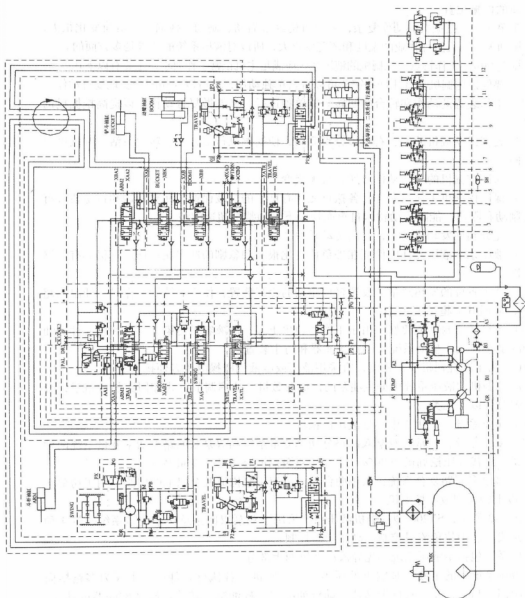


图 3-3 SY200 型挖掘机液压系统

1-XAT;2-XBT;3-XAT;4-XBT;5-XAS;6-XBS;7-XAA(2);8-XBA(2);9-XAX;10-XBX;

11-XAB;12-XBB(均为先导阀引出油管)

3.1.1 主泵构造及工作原理

SY200 型挖掘机液压系统采用的是双泵双回路液压系统, 两台主泵(泵1和泵2)为K3V系列柱塞泵, 其结构为通轴型的双联斜盘式轴向柱塞泵(后接齿轮泵用作辅助泵, 为远程控制等提供动力), 控制挖掘机的行走和工作装置的动作。主泵由可变量柱塞泵(主体部分)和控制排量的调节器组成。两泵各配置一个调节器, 分别控制其排量的变化。通过调节器, 两泵可实现按总功率恒定进行变量、改变功率设定值以及实现高压切断控制和中位负流量控制。

1. 主泵

如图3-4所示, 该泵是双联泵, 两台泵以花键接头相连接, 发动机的旋转被传递到前部的驱动轴(图3-4左端), 同时驱动两台泵。油的吸入和排出口在两台泵的连接部, 前泵和后泵共用吸入口, 前、后泵的构造相同。该泵由泵的主体部分和调节器组成。

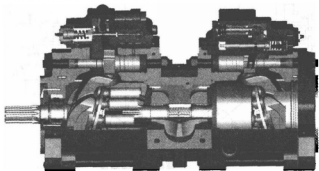


图3-4 主泵切割图

2. 主泵工作原理

液压系统采用的是双泵双回路液压系统, 两台主泵(泵1和泵2)控制挖掘机的行走和工作装置的动作。两台主泵选用斜盘式轴向柱塞泵, 其结构为通轴型的双联柱塞泵; 后接齿轮泵用作辅助泵, 为远程控制等提供动力。两泵各配置一个调节器, 分别控制其排量的变化。通过调节器, 两泵可实现按总功率恒定进行变量、改变功率设定值以及实现高压切断控制和中位负流量控制。

如图3-5所示为液压泵排量调节原理图, 两泵控制原理相同, 现以泵2为例对泵的排量调节原理进行分析。变量活塞用于推动斜盘倾角变化, 伺服阀用于控制变量活塞的运动方向, 而伺服阀的换向则受组合控制活塞和中位负流量控制活塞的综合控制, p_1 为主泵1本身输出的液压油的压力, p_2 为主泵2输出的液压油的压力, p_t 为辅助泵输出的油液压力经电磁比例减压阀组输出的二次压力, p_{11} 、 p_{12} 分别为两多路换向阀中位回油通道的背压。

(1) 总功率控制。

先不考虑 p_t 对组合控制活塞的影响。

p_1 、 p_2 分别作用于组合控制活塞7的面积 S_1 、 S_2 上, 活塞面积 S_1 和 S_2 相等, 组合控制活塞受到的向左液压力之和 F 为:

$$F = p_1 \times S_1 + p_2 \times S_2 = (p_1 + p_2)S \quad (3-1)$$

当 F 小于组合控制活塞左端弹簧的预紧力时, 伺服阀的阀芯不动, 此时变量活塞大腔通过高压切断阀的右位 \rightarrow 伺服阀的左位与油箱连通, 此时主泵的斜盘处于最大倾角, 即流量 Q_1 最大。

当 F 大于弹簧的预紧力时, 弹簧受压缩, 组合控制活塞向左移动的同时推动伺服阀换向, 伺服阀处于右位工作, 此时变量活塞大腔通过高压切断阀的右位 \rightarrow 伺服阀的右位与泵 2 的出口的压力油连通, 此时变量活塞左移, 使主泵的斜盘倾角减小, 即流量 Q_2 减小, 直至达到新的平衡状态为止, 反馈机构将伺服阀拨回至中位, 泵在某流量下工作。因两泵、两伺服阀相同, 两伺服阀阀芯所受的 F 力始终相等, 在调节过程中两泵斜盘倾角相等, 即 $Q_1 = Q_2 = Q$, 因此两泵的流量始终相等。

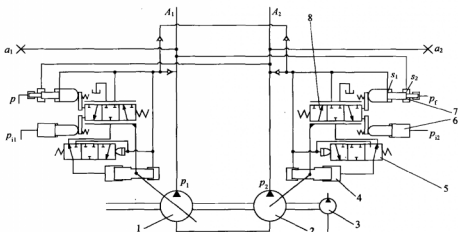


图 3-5 主泵排量控制原理

1-主泵 1; 2-主泵 2; 3-辅助泵; 4-变量活塞; 5-高压切断阀;
6-中位流量控制活塞; 7-组合控制活塞; 8-伺服阀

两泵的功率之和:

$$N = p_1 \times Q_1 + p_2 \times Q_2 = (p_1 + p_2) Q \approx C \quad (3-2)$$

总功率变量泵的特性曲线如图 3-6 所示。横坐标为两泵压力之和 $(p_1 + p_2)$, 纵坐标表示一个泵的流量 Q 。

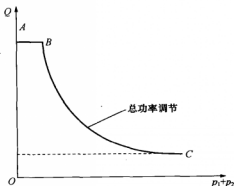


图 3-6 主泵总功率变量特性曲线

(2) 功率设定。

作用在组合控制活塞上的 p_t 为辅助泵输出的油液压力经电磁比例减压阀组减压后的二次压力，根据其作用，可以将 p_t 称为功率变换压力，如图 3-7 所示。

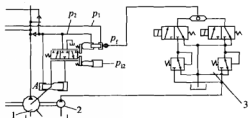


图 3-7 主泵功率设定

1-主泵；2-辅助泵；3-电磁比例减压阀组

通过电磁比例减压阀组的调节可改变 p_t 的大小，结合图 3-5 可知，当 p_t 增大时，相当于伺服阀的弹簧力减小，从而使伺服阀阀芯开始移动时的压力发生变化，即泵的功率调定值发生改变，根据作业条件，可实现重负荷挖掘模式（H 模式），标准作业模式（S 模式），轻负荷挖掘模式（L 模式）等。

(3) 高压切断控制。

当主泵出口压力达到高压切断阀的设定压力，则减小液压泵的排量至最小，此时的液压泵仅提供足以补充内部泄漏的油液，如图 3-8 中的 CD 段。

(4) 中位负流量控制（以主泵 2 为例加以说明，如图 3-9 所示）。

在非作业状态，多路换向阀处于中位，主泵 2 输出的油由中位回油通道经背压阀回油箱，在背压阀前产生一定的背压 p_a ，具有 p_a 压力的油液产生的作用力克服左端的弹簧力（如图 3-5 所示），控制活塞 6 左移的同时推动伺服阀换向，伺服阀阀芯左移，伺服阀处于右位，此时变量活塞大腔通过高压切断阀的右位→伺服阀的右位与泵 2 的出口连通，此时变量活塞左移，使主泵的斜盘倾角减至最小，反馈机构将伺服阀拨回至中位，此时主泵输出压力较低、排量较小，泵处于卸荷状态，而发动机进入自动怠速状态，节约了燃油消耗。

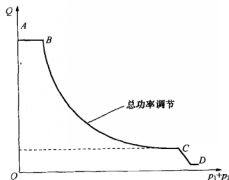


图 3-8 主泵的高压切断控制

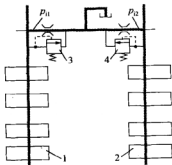


图 3-9 中位负流量控制回路

1、2-多路换向阀；3、4-背压阀

当多路换向阀换向时,多路换向阀中位回油通道被切断,没有油液通过背压阀,背压阀前压力 p_a 变为零,中位负流量控制活塞又会在弹簧的作用下向右移动,带动伺服阀在左位工作,变量活塞大腔油液通油箱,变量活塞向右运动,斜盘倾角变大,当斜盘倾角变至最大时,通过反馈机构将伺服阀拨回至中位,而后便根据负载情况由功率控制机构进行功率调节。

3.1.2 主阀结构及工作原理

1. 主阀结构

主阀能实现动臂提升合流、斗杆大小腔合流、斗杆再生回路、行走直线、动臂提升优先、回转优先、斗杆闭锁等控制功能。主阀主要由左侧控制阀和右侧控制阀组成。

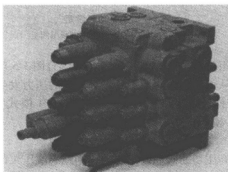


图 3-10 主阀实物图

左侧控制阀由行走直线控制阀 (TRAVEL STRAIGHT)、左行走控制阀 (LEFT TRAVEL)、回转控制阀 (SWING)、动臂合流控制阀 (BOOM2)、斗杆控制阀 (ARM1) 及根部溢流阀等组成,如图 3-11 所示。

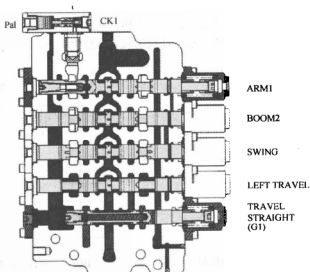


图 3-11 左侧控制阀

右侧控制阀包括右行走控制阀 (RIGHT TRAVEL)、备用阀 (OPTION)、铲斗控制阀 (BUCKET)、动臂控制阀 (BOOM1)、斗杆合流阀 (ARM2) 及根部溢流阀等组成, 如图 3-12 所示。

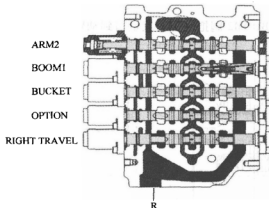


图 3-12 右侧控制阀

2. 主阀工作原理

如图 3-13 所示, 主阀能实现工作装置及行走的控制, 还能实现动臂提升合流、斗杆大小腔合流、斗杆再生回路、行走直线、动臂提升优先、回转优先、斗杆闭锁等功能。

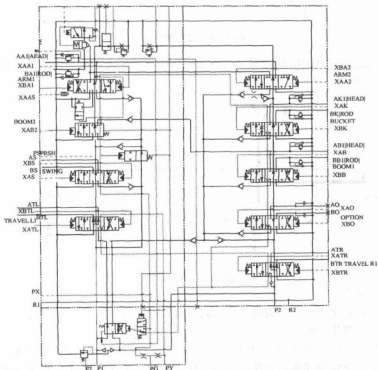


图 3-13 主阀工作原理



(1) 动臂提升、斗杆合流。

为提高作业效率，提高构件运动速度（如动臂提升），斗杆大、小腔都可实现双泵合流。

动臂提升合流时 BOOM2 阀把泵 1 的流量引到动臂大腔，实现合流，其工作原理如图 3-14 所示。

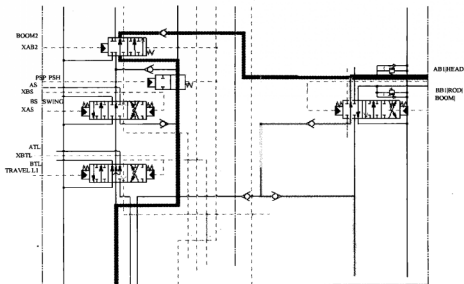


图 3-14 动臂提升合流

斗杆合流是通过 ARM2 阀把泵 2 的流量引到斗杆油缸大腔或小腔，实现合流，其工作原理如图 3-15 所示。

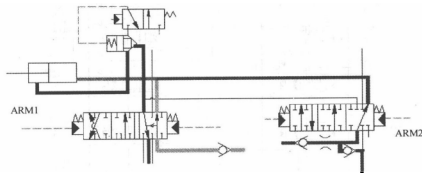


图 3-15 斗杆合流

(2) 斗杆再生。

当斗杆无负载下落时，为提高斗杆运行速度，在斗杆油缸伸出时，把活塞杆腔的油引回无杆腔，实行再生功能。

斗杆再生的工作原理如图 3-16 所示，其实现过程是：由于斗杆无负载，斗杆油缸无杆腔压力很小，两位三通阀在弹簧的作用下往下运动，关闭活塞杆腔的回油通道，这样活塞杆腔的油就进入到油缸无杆腔，实现活塞杆的快速伸出。

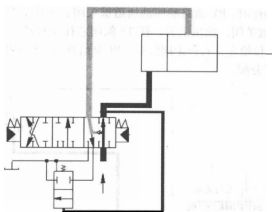


图 3-16 斗杆再生回路

当铲斗接触到土壤时，负载增加，斗杆油缸无杆腔压力上升，两位三通阀上移，单向阀关闭，实现正常供油，油缸得到较大推力。

（3）行走直线功能。

当挖掘机陷入坑中或其他特殊工况时，要求挖掘机能边行走边运行工作装置（动臂、斗杆、铲斗、回转），以实现挖掘机的自救或其他功能。

正常行走时，P1 泵、P2 泵分别给左、右行走马达供油，实现正常行驶，工作原理如图 3-17 所示。

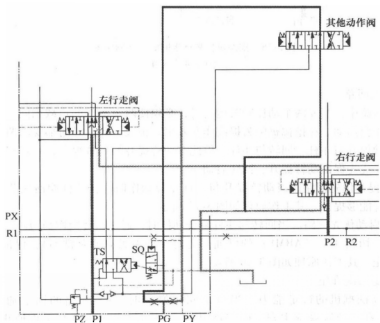


图 3-17 挖掘机正常行走时的液压油路图

TS、SQ-直线行走阀

当行走时有其他动作时, PY 油路的回油通道被关闭, 油压上升, 使 SQ 阀往下移动; PG 油路的回油通道也被关闭, 油压上升, 使 TS 阀阀芯往左移动, 如图 3-18 所示, 这样 P2 泵的油通过 TS 阀右位给左、右行走阀供油, P1 泵给其他动作阀供油。因此通过行走直线阀, 完成液压油的再分配。

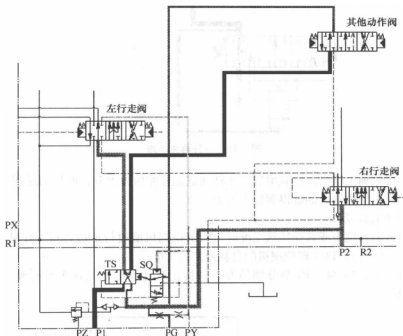


图 3-18 挖掘机自教行走时的液压油路图
TS、SQ-行走直线阀

(4) 优先回路。

在并联回路中, 当要两个动作同时运动时, 必须使两个动作的负载相同, 否则, 负载大的动作就不会运动。在挖掘机中为提高作业效率, 很大一部分时间都要求两个动作同时运动, 如动臂提升与斗杆、回转与斗杆, 但此时动臂提升的负载很大, 回转启动的负载也很大, 所以要优先保证动臂提升、回转启动。

① 动臂提升优先回路。当动臂提升与斗杆复合动作时, 在斗杆阀前端节流提高其负荷, 保证动臂能够提升。其工作原理如图 3-19 所示。

② 回转启动优先回路。当回转与斗杆复合动作时, 通过回转操作 SH 压力信号控制 SP 阀阀芯右移, 切断斗杆 (ARM1) 的供油 (此时斗杆由另一油泵供油), 保证回转启动, 实现回转优先。其工作原理如图 3-20 所示。

(5) 行走二次升压。

为了提高挖掘机的行走能力, 当行走阀组操作时, PY 油路的回油通道被关闭, PY 处压力上升, 控制系统主安全阀二次升压, 提高行走压力。其工作原理如图 3-21 所示。

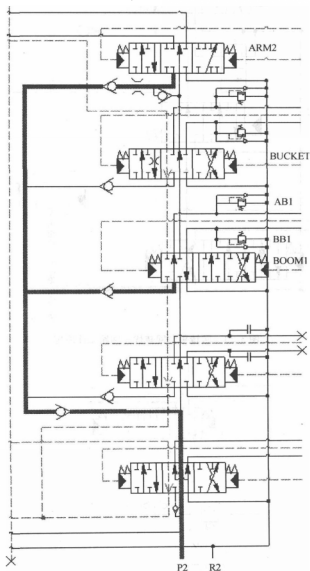


图 3-19 动臂提升优先回路工作原理

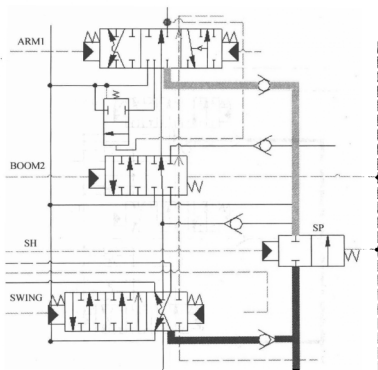


图 3-20 回转平台回转优先回路工作原理

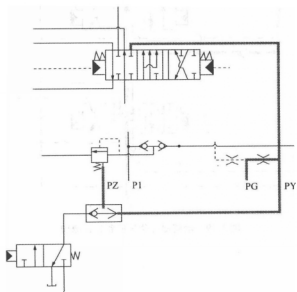


图 3-21 挖掘机行走二次升压

(6) 斗杆闭锁。

斗杆闭锁功能由小臂锁定阀实现。小臂锁定阀由先导阀和插装阀构成（如图 3-22 所示）。当斗杆工作时，控制油口 K 有压力信号，插装阀开启；当斗杆不工作时，油口 K 压力信号消失，插装阀关闭。

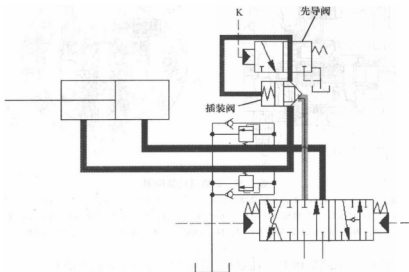


图 3-22 挖掘机斗杆闭锁回路

所谓闭锁是指当需要挖掘机很长时间定位不动（如吊装焊接管道）时，由于圆柱形阀杆总会有少量泄漏，单靠主阀中位闭锁是不可靠的，所以必须在主阀与油缸之间再设置一个液压锁定阀，依靠这个阀来保证斗杆缸长时间定位。

3.1.3 回转马达结构及工作原理

回转机构由马达和减速器（减速器相关内容见第二单元 2.2.4 节）组成，动力由齿轮轴输出。如图 3-23 所示为回转马达及减速器总成，图 3-24 所示为回转马达剖切图。

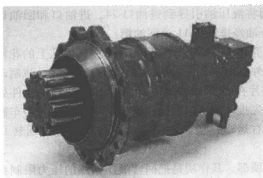


图 3-23 回转马达及减速器总成

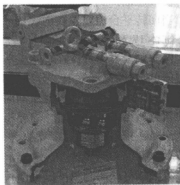


图 3-24 回转马达剖切图

如图 3-25 所示, 该斜盘式轴向柱塞回转马达由 4 部分组成。

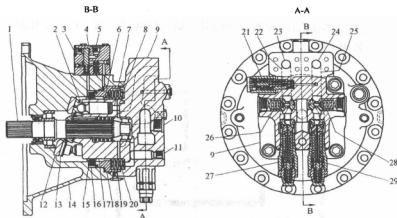


图 3-25 回转马达结构图

1-输出轴; 2-压盘; 3-孔口; 4-停车制动器控制阀; 5-孔口; 6-柱塞; 7、8、22、25-油道; 9-马达盖; 10-补油口; 11-排油口; 12-斜盘; 13-滑靴; 14-壳体; 15-分离片; 16-摩擦片; 17-缸体; 18-制动活塞; 19-弹簧; 20-配油盘; 21-防反转阀; 23、24-马达油口; 26、28-单向阀; 27、29-溢流阀

- (1) 转动组件, 包括缸体 17、柱塞 6、滑靴 13、压盘 2 和输出轴 1。
- (2) 停车制动器组件, 包括停车制动器控制阀 4、分离片 15、摩擦片 16、制动活塞 18 和弹簧 19。
- (3) 防过载及补油阀组件, 包括溢流阀 27、溢流阀 29、单向阀 26 和单向阀 28。
- (4) 防反转组件, 即防反转阀 21。

来自主泵的液压油经回转控制阀进入回转马达的油口 23 或 24。当回转平台需要向右转时, 回转控制阀将液压油引导至回转马达进油口 23, 经马达盖 9 的油道 22、配油盘 20 上的油道 8 及缸体 17 中的油道 7 进入缸体, 作用在柱塞 6 上。柱塞将滑靴 13 压紧在斜盘 12 上。柱塞和滑靴沿着斜盘 12 的倾斜表面上下滑动。滑靴和柱塞作用在斜盘 12 上的反作用力使缸体 17 逆时针转动。每个柱塞运动到下止点时, 其油道 7 便与配油盘 20 的油道接通, 使液压油回到油箱。缸体 17 继续逆时针转动, 柱塞和滑靴在斜盘 12 上继续向上移动。当回转平台需要左转时, 回转控制阀将液压油引导到进油口 24, 进油口和回油口对调, 缸体 17 和输出轴 1 顺时针转动, 液压油经排油口 11 返回油箱。

停车制动器组件设在马达盖 9 和马达壳体 14 之间, 摩擦片 16 通过其内孔上的花键套在缸体 17 外的花键轴上, 分离片 15 上的外花键安装在马达壳体内的内花键上。该制动器为常闭式, 当马达未通入液压油时, 摩擦片在弹簧 19 的作用下压紧, 马达转动组件处于制动状态。当启动马达时, 先导压力油首先推动制动控制阀柱塞向下运动, 打开停车制动活塞油路, 推动制动活塞克服弹簧力向右运动, 从而放松制动摩擦片, 允许回转马达转动。

防过载及补油阀组件位于回转马达的顶部, 其作用是把回转液压回路的压力限制在过载溢流阀的调定值内, 并在转台启动和停止时起到缓冲作用。在执行回转平台停止操作时, 回转操纵手柄回中位, 回转马达的进油口和出油口均被关闭, 而此时上部平台结构在

惯性力的作用下会带动马达继续转动，从而使其内部油道中的压力升高。防过载阀的作用就是在这种情况下释放马达内部高压，并吸收上部平台结构的惯性力。当回转马达停止转动时，由于回转控制阀所有油口都关闭，故没有液压油进入回转马达。而在惯性的作用下，回转平台会带动马达继续转动，马达内部的部分液压油以内漏的形式损失了，从而在进油口处产生真空。为防止出现这种真空状态，补油阀组件可将回油管中的油通过补油管和单向阀向马达低压侧补充油液。当回转马达供油不足时，补油阀组件通过回油管背压也可增加对马达转动组件的供油量。

回转制动是靠液压制动，制动力矩的大小与回转马达的过载阀调定压力成正比，若没有防反转阀，当负载力矩大于制动力矩时，只能靠两个过载阀反复溢流。

防反转阀工作原理是利用该阀内部的小孔节流作用，使阀内封闭马达工作口的两根阀杆产生速度差而导通马达的两个工作口，将处于高压端工作口的油泄到低压端，可以防止闭塞液压油对马达转动组件的反向作用。

如图 3-26 所示为回转马达原理图。

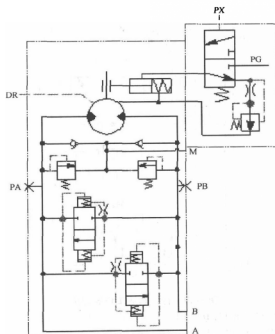


图 3-26 回转马达原理图

A、B-马达主油口；M-马达补油口；DR-马达泄漏油口；PX-回转控制油口；
PG-先导控制油口；PA、PB-测压口

3.1.4 行走马达结构及工作原理

行走马达将动力传递给驱动轮和履带从而实现挖掘机的行走功能。

行走马达是一个集成元件，由马达本体和减速器两部分组成，如图 3-27 ~ 3-29 所示。

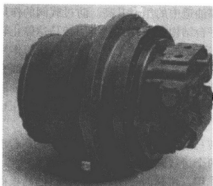


图 3-27 行走马达外观图

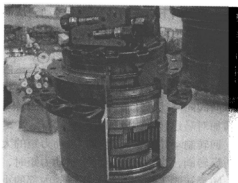


图 3-28 行走马达及减速器总成剖视图

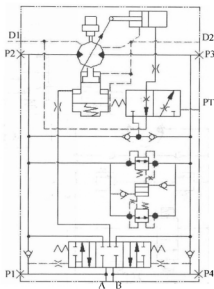


图 3-29 行走马达工作原理图

A、B-马达主油口；D1、D2-马达泄漏油口；PT-行走速度控制油口；
P1、P2、P3、P4-测压口

行走马达阀盖内有制动阀、缓冲阀和速度切换阀。停车制动器通过摩擦式制动机构防止由于挖掘机停在倾斜地面上而引起的溜车、滑移现象。缓冲阀可以克服行走马达停止时由于车体的惯性而产生的惯性力，平滑制动，使行走马达平稳地停止、防止真空现象。速度切换阀可以实现两种速度切换。

1. 缓冲补油

(1) 运转时（解除制动）。

行走马达制动解除原理如图 3-30 所示。A 口提供的压力油通过平衡阀 5 的小孔 k 进入

h室作用于阀座4的右端面产生推力,克服平衡阀弹簧的弹力将处于中立状态的平衡阀5推向左侧。压力油通过平衡阀5上的槽进入e室克服制动弹簧8的作用力,推动制动活塞9,解除停车制动力。

与此同时A口提供的压力油打开单向阀2进入马达吸入侧入口C,马达回油侧D口的低压油通过平衡阀5上的槽和入口B相通,流回油箱,马达反转。

若由B口提供压力油时,平衡阀5的移动相反,马达反转。

(2) 行车停止时。

行走马达行车制动时原理如图3-31所示。

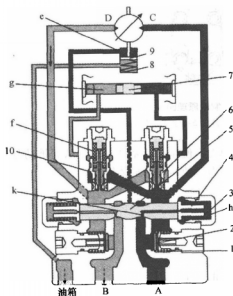


图 3-30 行走马达制动解除原理图

1-单向阀弹簧; 2-单向阀; 3-平衡阀弹簧; 4-平衡阀阀座; 5-平衡阀; 6-安全阀; 7-缓冲柱塞; 8-制动弹簧; 9-制动活塞; 10-安全阀; A、B-马达主油口; C、D、e、f、g、h、k-马达内部油口或油室)

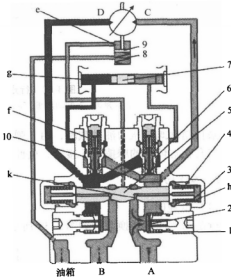


图 3-31 行走马达行车制动原理图

1-单向阀弹簧; 2-单向阀; 3-平衡阀弹簧; 4-平衡阀阀座; 5-平衡阀; 6-安全阀; 7-缓冲柱塞; 8-制动弹簧; 9-制动活塞; 10-安全阀; A、B-马达主油口; C、D、e、f、g、h、k-马达内部油口或油室

在行走停止时由A口供给的压力油被停止,油压力消失,向左侧移动了的平衡阀5由于平衡阀弹簧的弹力,要向右侧移动,返回中立状态。同时,从A口进入的压力油虽然已被停止,液压马达由于惯性还要继续旋转。然而,从油压马达排出的油,因无处排放,使D油口的油压升高。加压后的压力油,通过左侧的安全阀10的小孔,从f室进入g室。进入了g室,柱塞7会向右侧移动。这期间,左侧的安全阀10由D室的压力油的作用而被推开。

因此,D室的压力油,流向压力较低的C室中,使D室的压力得到控制,同时,也就防止了C室的真空现象。柱塞7到达冲程末端时,g、f室的压力上升,左侧的安全阀10再次关闭,D口的油更进一步升压。这样,右侧的安全阀6打开,D口中的油通过安全阀6进入C口,使马达顺利制动。这样,通过对D口的压力进行两个阶段的控制,使行走马

达平滑地停止。

(3) 停车制动时。

行走马达停车制动原理如图 3-32 所示。

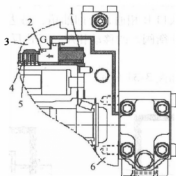


图 3-32 行走马达停车制动原理图

1-弹簧；2-制动活塞；3-壳体；4-分离片；5-摩擦片；6-后盖

来自制动阀的压力油被截断，由于弹簧 1 的弹力，使制动活塞 2 复位，从而推动分离片 4 与套在缸体上的摩擦片 5 接合，由此产生摩擦力，使转动的缸体停止。

2. 二速切换

(1) 低速时。

行走马达速度转换原理如图 3-33 所示。

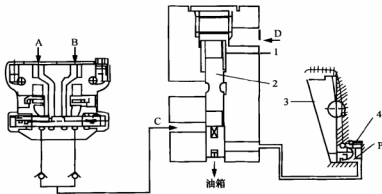


图 3-33 行走马达速度转换

1-弹簧；2-控制阀；3-斜盘；4-变量活塞；A、B-马达主油口；C、D-马达控制油口；P-变量活塞油室

当 D 口没有控制压力提供时，控制阀 2 由于弹簧 1 的弹力，使阀芯推向上方，C 口的液压油被阻断，P 室的油通过控制阀 2 经排出口流出。因此，斜盘 3 的倾斜角变为最大，液压马达的排量变成最大，马达在低速状态下旋转。

(2) 高速时。

通过 D 油管提供控制压力油, 由于超过了弹簧 1 的弹力, 控制阀 2 被压向下方, C 口的压力油通过控制阀 2 流入 P 室, 变量活塞 4 推动斜盘倾角变小, 液压马达的排量变小, 马达在高速状态下旋转。

3.1.5 液压油缸

一般单斗液压挖掘机有动臂油缸 2 个, 斗杆油缸 1 个, 铲斗油缸 1 个。各油缸结构如图 3-34 ~ 图 3-36 所示。

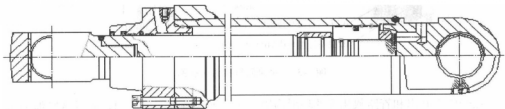


图 3-34 动臂油缸

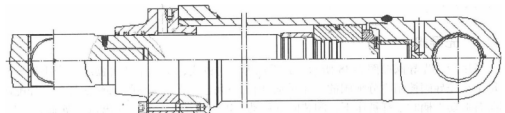


图 3-35 斗杆油缸

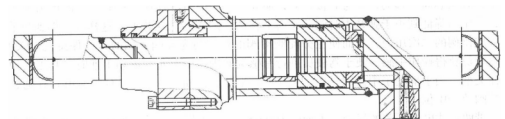


图 3-36 铲斗油缸

3.1.6 中央回转接头

中央回转接头是连接回转平台与底盘油路的液压元件, 它保证回转平台旋转时, 行走马达还能正常配油; 并可防止因上、下车体的相对回转使液压软管扭曲的情况发生。

中央回转接头由芯轴、壳体、密封圈等部件组成, 如图 3-37 所示。芯轴安装在回转平台上, 而壳体则安装在底盘上。

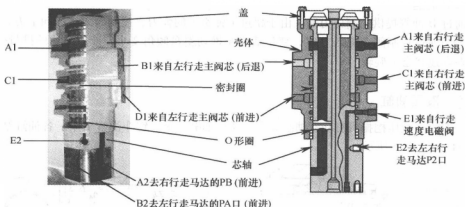


图 3-37 中央回转接头剖视图

在壳体上开出和管路数相等的环形沟槽，从芯轴入口来的液压油，通过这些油槽从芯轴上的垂直孔供给行走马达。

即使随上部车体不断地回转，壳体上的沟槽也与芯轴上的油口保持畅通，使液压油可以自由地进出。

3.1.7 先导阀

减压阀式先导阀如图 3-38 所示。其手柄为万向铰式，每个手柄可操纵 4 个小先导阀，即每个小先导阀控制主分配阀的一个单向动作，因此 4 个小先导阀可操纵两个主分配阀。当向右扳动手柄时推杆被压下，阀芯向下移动，P（压力源）与 A（出口）连通，B 与 O（油箱）连通，这样主分配阀（如图 3-39 所示）的阀芯向右移动，从而改变执行元件的运动状态；与此同时，当阀芯向下移动时，由于节流口 a 处产生压力，该压力超过弹簧的调定压力时阀芯向上移动，A 与 P 被切断，而 a 与 O（油箱）连通。这时 a 处的压力随之降低，当压力降低到小于弹簧力时阀芯又向下移动，则 A 与 P 又连通。这样即可得到与手柄行程成比例的二次压力，从而使主分配阀滑阀的行程与先导阀手柄的行程保持比例关系，使驾驶员获得操作手感，便于驾驶员进行有感觉的操作。当向左扳动手柄时，其工作原理依此类推。当手柄处于中位时，P（压力源）被截止，油口 A、B 与 O（油箱）连通，主分配阀处于中位。

带两点式电气开关的场合，手柄中内藏辘子、开关杆、开关。如压下手柄头部的手柄盖中央则辘子下降，与之相接的开关杆倾斜，开关动作。与开关连接的电线通过手柄部和阀壳可以接到外部。

通过先导阀的操纵可以控制主分配阀位置的变化，从而将主油泵的液压油送至执行元件实现执行元件的动作，如图 3-39 所示。

使用先导阀操纵轻便、省力；操纵一个手柄就可以实现挖掘机的复合动作，如斗杆和回转、动臂和铲斗的复合动作。

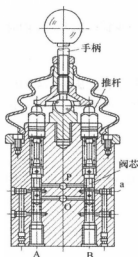


图 3-38 先导阀

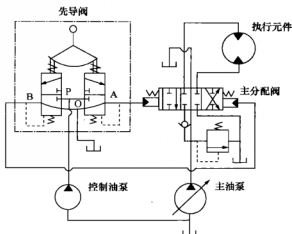


图 3-39 先导阀控制原理图



项目实现

对挖掘机液压系统进行装配、调试和排除故障需要对其性能进行检测。性能检测主要包括各主要液压元件压力、流量的调节，各个油缸、马达主要参数的调节和整个系统的综合性检测（整机调试将在本书第5单元专门介绍）等。

本单元以 SY200 型挖掘机作为实训设备。

任务 1 主泵调节器的调整

通过调节各部分调整螺丝，能够调节最大流量、最小流量以及功率控制的程度等，如图 3-40 所示。

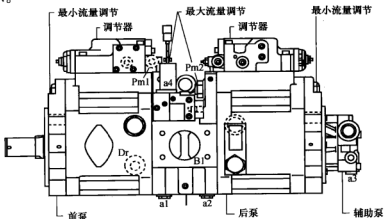


图 3-40 主泵的调整

第一步：最大流量的调整。

拧松六角螺母，旋动最大流量调节螺丝来调整流量。把调整螺丝旋进 1/4 圈时，每分钟流量约减小 5.6 L。

第二步：最小流量的调整。

拧松六角螺母，旋动最小流量调节螺丝来调整流量。把调整螺丝旋进 1/4 圈时，每分钟流量约增加 5.6 L。在最大流量调整时，其他特性将不变化；但旋动量大时，在最高排油压力下（溢流时）使所需动力增加。

第三步：输入功率的调整。

在变更前泵和后泵的输入功率时，必须调整成两者相等。

拧松六角螺母，旋动压力调节螺丝 Pm1、Pm2 来调整。把调整螺丝旋进 1/4 圈时，则控制压力约增加 1.8 MPa。

任务 2 动臂油缸循环时间的检测

第一步：将斗杆伸出，空的铲斗翻入，将铲斗降至地面；液压油温度控制在 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

第二步：把动臂操纵杆放在行程的一端，然后尽快把操纵杆推到行程的另一端；测量升启动臂的时间和降下动臂的时间。

第三步：重复测量 3 次，取其平均值。

第四步：将平均值与标准值进行比较，如果偏差较大，需要进行液压系统的相关检查（如是否泄漏等）。

任务 3 系统压力的检测和调整

第一步：将发动机平稳熄火。

第二步：按动液压油油箱顶部的放气阀，释放剩余压力。

第三步：用内六角扳手在液压泵输油油口处将测压螺塞卸下，把管接头、高压软管和压力表（量程 60 MPa）安装在主阀相应油口上。

第四步：重新启动发动机慢慢操作铲斗、斗杆、动臂的先导操纵杆到行程末端，使每个机构都发生一次溢流。对于回转机构，要使上部回转平台不能转动，再慢慢操作先导操纵杆，使回转机构发生溢流；对于行走机构，要找一物体顶住被测一侧履带，使之不能转动，再慢慢操作这一侧的先导操纵杆，使行走机构发生溢流。

第五步：重复测量 3 次，取其平均值。

第六步：将平均值与规定值进行比较，如果偏差较大，则需重新调整溢流压力至规定值。顺时针转动时增大压力，把调整螺丝旋进 1/4 圈时，则控制压力约增加 1.8 MPa；逆时针转动时则减小压力。

项目 3.2 PC200 型挖掘机液压系统的检测和调试



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解 PC200 型挖掘机液压系统的基本组成与工作原理。
- (2) 掌握 PC200 型挖掘机液压系统主要液压元件的功用。
- (3) 掌握 PC200 型挖掘机液压系统的检测方法。

2. 能力目标

- (1) 能够运用目视检查、开机检查检测 PC200 型挖掘机液压系统。
- (2) 能够运用仪表检查 PC200 型挖掘机液压系统的压力、流量等参数。
- (3) 能够正确拆装 PC200 型挖掘机液压系统主要的液压元件。



相关知识

如图 3-41 所示, 日本 PC200-6 型挖掘机液压系统采用了 CLSS (Closed-center Load Sensing System) 系统, 即闭式中心负荷感应系统。它是通过控制斜盘式变量柱塞泵斜盘倾角的方式, 以减小燃油消耗的节能系统。作业时, 由于该系统的作用可减少液压损失, 以增大微调控制, 合理控制油泵输出量。

CLSS 系统具有以下特点。

(1) 控制性能好, 有利于复合操作。与单纯容积调速的按需求控制系统 (如 OLSS 系统) 相比, CLSS 系统提高了控制性能。负荷传感控制的灵敏度高, 系统动静特性好, 调速稳定性好, 可按作业要求实现比例控制与同步工作, 复合操作容易。

(2) CLSS 的多路阀是并联的无中立回路, 无论操纵杆行程在半程、全程, 主泵流量都全部流向工作装置。在执行机构的负荷改变时, 作业速度不会变化。多路阀的开度可以任意调整, 灵活改变工作装置的速度, 即使微动操作, 也可产生最大挖掘力。由于 CLSS 系统工作装置的速度可由操作行程确定, 具有即便负荷增大工作速度也不变、即使速度很慢也可产生强力的特点, 因此 CLSS 系统具有微操作性能, 可保证本系统作业过程中易于灵敏地控制起重作业, 易于进行反向切削操作, 易于同时操作破碎器等附加工作装置。

(3) CLSS 回路有压力补偿时, 流经控制阀的油流在节流阀口的压差保持恒定。当两个以上工作装置同时工作时, 根据多路换向阀的开度来分配主泵的流量不受负荷 (压力) 影响, 可以保证进行两个或两个以上的复合动作时, 由滑阀的开度对流量进行自由分配, 使复合操作更为有利, 提高作业效率。

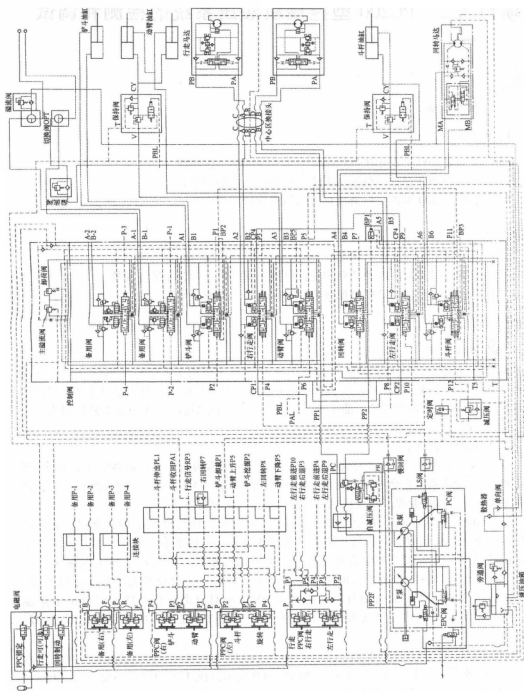


图 3-41 PC200-6 型挖掘机液压系统

该液压系统由主液压系统和先导控制液压系统组成，下面将重点介绍这两部分主要液压元件的结构、工作原理。由于其中回转马达、中央回转接头、先导阀、行走马达等与SY200型挖掘机的回转马达和行走马达工作原理基本相同，故在此不再重复。

3.2.1 液压泵

PC200-6型挖掘机采用的液压泵为双联变量柱塞泵，由前泵（8）和后泵（7）组成（如图3-42所示），前泵和后泵构造相同，两泵主要由泵的主体部分和变量机构两大部分组成。泵的主体部分主要实现吸油和压油；变量机构实现液压泵的排量调节，由LS阀（3、4）、PC阀（2、5）、PC-EPC阀（图中未示出）和伺服阀（1、6）等组成。本书仅介绍液压泵的变量机构，主体部分请参考液压传动相关内容。

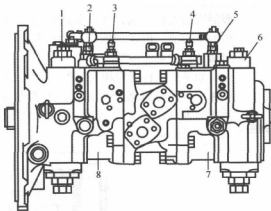


图 3-42 液压泵

1、6-伺服阀；2、5-PC阀；3、4-LS阀；7-后泵；8-前泵

1. LS 阀

LS 阀是感知驾驶员操纵杆行程大小状态从而对主泵输出流量进行控制的阀。操纵杆的运动改变主控制阀内部阀芯的移动，阀芯的移动产生 P_{LS} 压力（代表阀芯的移动量）， P_{LS} 压力反馈到主泵的 LS 阀，LS 阀进而根据操纵杆的移动量来改变主泵的排量。

如图 3-43 所示为 LS 阀的结构及各油口的连接部位，LS 阀主要由阀体 3、弹簧 4、滑阀 6 以及活塞 7 等组成。

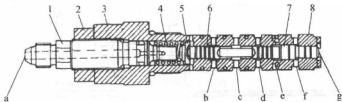


图 3-43 LS 阀构造

1-堵；2-锁紧螺母；3-阀体；4-弹簧；5-座；6-滑阀；7-活塞；8-阀套

a-PLS 孔（操作阀 LS 压力油入口）；b-PA 孔（泵输出压力油入口）；c-PLP 孔（LS 阀信号压力油出口）；d-PPC 孔（阀信号压力油入口）；e-PA 孔（排油压力油出口）；f-Psig（LS 控制 EPC 阀输出压力油入口）；g-PA 孔（泵输出压力油入口）

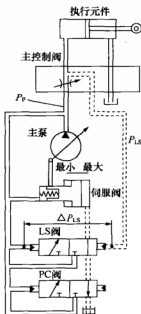


图 3-44 泵流量控制原理图

LS 阀依据主泵压力 P_p 与主控制阀输出压力 P_{LS} 的压差 $\Delta P_{LS} = P_p - P_{LS}$ 来控制主泵的输出流量， ΔP_{LS} 称为 LS 阀的压差。泵输出流量控制原理图如图 3-44 所示。

LS 阀的工作过程如下。滑阀受到由主控阀方向来的 P_{LS} 压力、由主泵来的 P_p 压力及弹簧的力，根据 P_{LS} 和 P_p 的综合作用，滑阀可左右移动。如图 3-45 所示，b、c、d 三孔之间通断的不同，使得到伺服活塞大直径端去的油压变化，进而使得伺服活塞左右移动，从而带动斜盘角度的变化，最终改变主泵输出的流量。

如果操纵杆处于中立位置或操作杆行程较小时， P_{LS} 压力下降，滑阀左移，b、c 相通，主泵输出压力油从 c 孔进入伺服活塞的大直径端，在伺服活塞的小直径端也流入了主泵输出的压力油。由于伺服活塞的面积差，使斜盘角度向最小方向移动，主泵流量变小。

如果操纵杆行程加大， P_{LS} 压力上升，滑阀右移，b、c 逐渐断，c、d 逐渐通，d 口通过 PC 阀与油箱相通，因此，伺服活塞的大直径端压力下降，伺服活塞向右移动，斜盘角度变大，主泵流量增大。

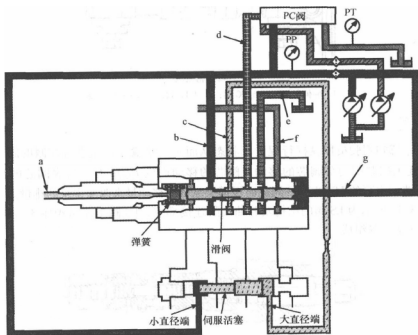


图 3-45 LS 阀工作原理

a-PLS 孔（操作阀 LS 压力油入口）；b-PA 孔（泵输出压力油入口）；c-PLP 孔（LS 阀信号压力油出口）；d-PPC 孔（PC 阀信号压力油入口）；e-PA 孔（排油压力油出口）；f-Psig（LS 控制 EPC 阀输出压力油入口）；g-PA 孔（泵输出压力油入口）

2. PC 阀

PC 阀的作用是：适合发动机不同级别功率的设定，使泵的驱动功率不超过发动机的功率；实现恒功率控制。

(1) PC 阀的构造。

PC 电磁阀的结构、各油口的连接部位及零件分解图如图 3-46、图 3-47 所示。PC 阀由活塞、滑阀、弹簧及阀体等组成。

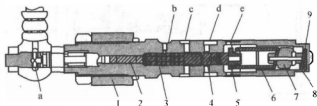


图 3-46 PC 电磁阀

1-锁定螺母；2-活塞；3-阀体；4-滑阀；5、7-座；6、8-弹簧；9-活塞
a-PM 孔（功率方式变换压力油入口）；b-PA 孔（泵输出压力油入口）；c-PA2 孔（泵输出压力油入口）；d-PPL 孔（PC 阀信号压力油出口）；e-PA 孔（排泄压力油出口）



图 3-47 PC 电磁阀零件分解图

(2) PC 阀的工作原理。

PC 电磁阀的工作原理如图 3-48 所示。在某一个作业状态下（如主泵压力为 28 MPa 时），泵的功率与发动机功率处于平衡状态。此时，当外部土质变硬，则泵的压力随之升高，为了保持泵功率与发动机功率的平衡，泵的排量应根据泵压力的升高而下降。相反，当土质变软时，泵压力下降，泵的排量可增加以免浪费发动机的功率，PC 阀能自动完成这个过程。

例如：当主泵压力 P_p 约 30 MPa 时，土质由硬变软， P_p 压力降至 25 MPa，滑阀 2 在弹簧 3、5 作用下向左移动，c 孔与 d 孔之间流通面积变小，d 孔与 e 孔逐渐连通，伺服活塞大直径端的压力降低，伺服活塞往右移动，泵流量增加。随着伺服活塞的移动，连接在滑块 7 上的活塞 6 也向右移动，弹簧 3、5 伸长，弹簧力减弱，滑阀 2 向右移动，c 孔与 d 孔又连通，结果导致伺服活塞大直径端的压力上升，伺服活塞向右的移动停止。

当主泵压力 P_p 约 25 MPa 时，土质由软变硬， P_p 压力升至 30 MPa，滑阀 2 向右移动，c 孔与 d 孔连通，伺服活塞大直径端的压力升高，伺服活塞往左移动，泵流量减少。随着伺服活塞的移动，连接在滑块 7 上的活塞 6 也向左移动，弹簧 3、5 被压缩，弹簧力增加，滑阀 2 向左移动，c 孔与 d 孔之间流通面积变小，结果导致伺服活塞大直径端的压力下降，伺服活塞向左的移动停止。

伺服活塞的停止位置（泵的排量）取决于滑阀 2 的平衡位置。

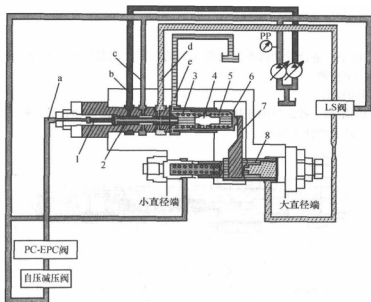


图 3-48 PC 阀工作原理

1-活塞；2-滑阀；3、5-弹簧；4-座；6-活塞；7-滑块；8-伺服活塞

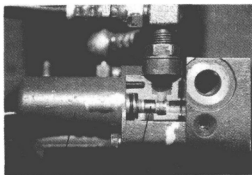
a-PM 孔（功率方式变换压力油入口）；b-PA 孔（泵输出压力油入口）；c-PA2 孔（泵输出压力油入口）；

d-PPL 孔（PC 阀信号压力油出口）；e-PA 孔（排油压力油出口）

此外，当驾驶员根据工作状况改变工作方式时，PC-EPC 电磁阀输出到 PC 阀端部的压力也会变化，此压力也会通过 PC 阀改变泵的流量。

3. PC-EPC 阀

由于工作状况变化，发动机的转速也会变化，此时与发动机匹配的泵排量也应相应变化；发动机的转速变化通过转速传感器传给控制器，控制器发出泵排量变化的命令。PC-EPC 电磁阀接收此命令，通过 PC 阀适当调节泵流量，以对应发动机的转速变化，并感知发动机实际转速工作状态，给予相应信号调节泵流量。



电磁线圈 阀芯

图 3-49 PC-EPC 电磁阀

(1) PC-EPC 阀的构造。

如图 3-49 所示，PC-EPC 电磁阀主要由电磁线圈和阀芯等组成。

(2) PC-EPC 阀的工作原理。

根据工作模式的不同，发动机转速也不同，而安装在飞轮上的转速传感器可传感发动机的转速变化，并以电压形式输入控制器，控制器根据此信号发出相应的命令。PC-EPC 电磁阀接到控制器发出的命令，推动内部阀芯做相应的移动，使来自减压阀的油经过此阀芯流向 PC 阀，PC 阀根据 PC-EPC 阀来的压力和前、后主泵的压力发出相应的输出压力

到伺服活塞（如图 3-48 所示），从而使泵流量与主泵压力和发动机转速相匹配。

当发动机转速下降时，控制器输入 PC-EPC 阀的电压上升，导致 PC-EPC 出口压力上升，滑阀 2 向右移动，c 孔与 d 孔逐渐接通，d 孔与 e 孔逐渐断开，因此进入伺服活塞大直径端压力上升，伺服活塞 8 左移，泵的流量减小。

当发动机转速上升时，泵的流量增加。

3.2.2 主控制阀

主控制阀是分配控制高压液压油至各工作装置去的控制部件，该操作阀为六联阀，各阀通过螺栓连接成一体，且该阀内部各通路相互连接，十分紧凑，便于维修。主控制阀包括主溢流阀、卸荷阀、安全吸油阀、斗杆（动臂）快速降落阀、LS 梭阀、LS 选择阀、LS 旁通阀和压力补偿阀等。下面将分别予以说明。

1. 主溢流阀

主溢流阀限制整个液压系统的工作时最高压力，一般为 32.5 MPa，若超过，则卸压，以保护整个系统不致损坏。

主溢流阀（如图 3-50 所示）主要由阀体、先导弹簧、先导阀芯、主弹簧和主阀芯等组成，其工作原理为：当泵压力上升超过 32.5 MPa 时，先导阀芯打开，主阀芯中小孔（仅 $\phi 0.5$ ）开始有油流动，主阀芯由于上下压力差（下面大，上面小）的作用，随即被向上推开，压力油回油箱，泵压下降直到 32.5 MPa。当泵压力低于 32.5 MPa 时，先导阀芯关闭，主阀芯中小孔无油流动，主阀芯两端压力差为 0，在主弹簧力作用下返回，压力油与油箱通路断开，泵压力可以保持。

2. 卸荷阀

驾驶员启动发动机且操纵手柄中立时，泵出口的压力油不去工作装置，而是通过卸荷阀返回油箱（卸荷压力 3.0 MPa）。

卸荷阀主要由阀芯、弹簧、阀体等组成，如图 3-51 所示。

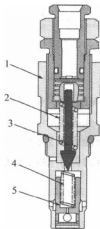


图 3-50 主溢流阀工作原理

1-阀体；2-先导弹簧；3-先导阀芯；4-主弹簧；5-主阀芯

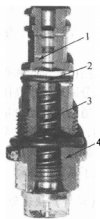


图 3-51 卸荷阀结构

1-阀芯；2-O 形圈；3-弹簧；4-阀体

卸荷阀的工作原理如图 3-52 所示。操作手柄中立时主泵压力逐步上升至 3.0 MPa, 阀芯克服弹簧力被向下推开, 压力油流回至油箱, 压力稳定在 3.0 MPa。工作时, 主泵压力上升, P_{LS} 压力也同步上升, 主泵压力产生的向下推力小于 P_{LS} 压力产生的向上推力和弹簧力之和, 阀芯不能向下推开, 主泵压力可以保持。

3. 安全吸油阀

安全吸油阀构造如图 3-53 所示, 其作用是: 当油缸或马达受外界巨大冲击力时 (如山崖落石), 泄掉油缸或马达内的异常高压 (设定压力一般为 36.5 MPa 以上), 保护相关油管和油缸不受损坏。

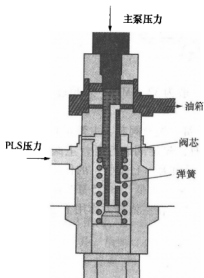


图 3-52 卸荷阀工作原理

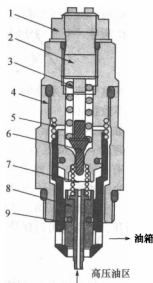


图 3-53 安全吸油阀构造

1-锁紧螺母；2-调整螺钉；3-锥阀弹簧；4-阀体；5-吸油阀弹簧；6-锥阀；7-主阀弹簧；8-主阀；9-吸油阀

动臂回路、斗杆回路、铲斗回路、左右行走回路、回转回路上、下各装有一个安全吸油阀。

安全吸油阀由安全阀和吸油阀两部分组成。

安全阀部分原理是当高压油区油压上升至 36.5 MPa 时, 锥阀克服锥阀弹簧力向上打开, 主阀中通道的油开始少量流动, 主阀上下由于小孔节流作用产生压力差, 主阀由于受此压力差作用, 克服主阀弹簧力向上打开, 大量高压油得以泄回油箱, 保护了油缸。

吸油部分原理是当高压油区变为负压油区, 其压力低于油箱压力时, 油箱的油补进此负压区, 避免了系统的振动。

4. 斗杆 (动臂) 快速降落阀

斗杆收进回路上设有再生回路, 斗杆下降时可以充分利用自重产生的油压, 加快下降的速度。斗杆快速降落阀工作原理如图 3-54 和图 3-55 所示。

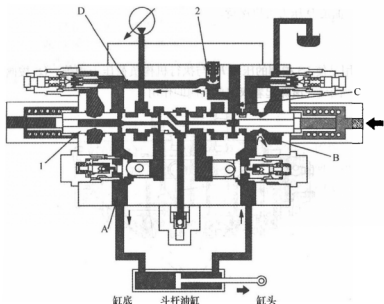


图 3-54 斗杆快速降落阀工作原理 1

1-滑阀；2-单向阀；A、B、C、D-油道

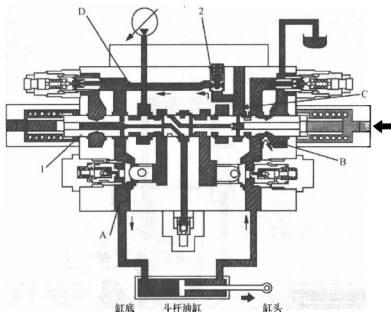


图 3-55 斗杆快速降落阀工作原理 2

1-滑阀；2-单向阀；A、B、C、D-油道

当斗杆靠自重收回时，斗杆油缸缸头压力大，缸底压力小，部分缸头压力油由滑阀槽进入油道 C，另一部分缸头压力油回到了油箱道 B，再经由单向阀进入 D 道与 A 道，流入油缸底，速度加快。当斗杆使劲挖掘时斗杆油缸缸头压力小，缸底压力大，油道口 D 压力

大, 单向阀关闭, 油道 D 压力可以保持。

5. LS 梭阀

LS 梭阀的功用是使 LS 梭阀的压力 P_{LS} 与执行机构负荷压力相等。LS 梭阀内有滚珠和通道 (如图 3-56 所示), 滚珠起着双向单向阀的作用。

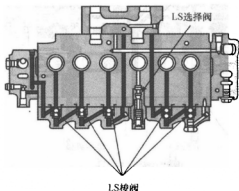


图 3-56 LS 梭阀布置图

(1) 只有单个动作时 (如图 3-57 所示)。

操作滑阀 2 之后, 液压泵排出压力油开始流向执行器回路 A, 同时把该泵的输出压力油, 通过滑阀 2 的导入孔 B 引导到 LS 梭阀。执行器回路压力上升到所需要的压力时, 泵输出压力 P_p 上升, 滑阀 2 内的单向阀 1 打开, 通过 LS 梭阀的高压 P_{LS} 流向执行回路 A。因此 LS 梭阀的压力 P_{LS} 与执行器回路 A 的压力几乎是相等的。

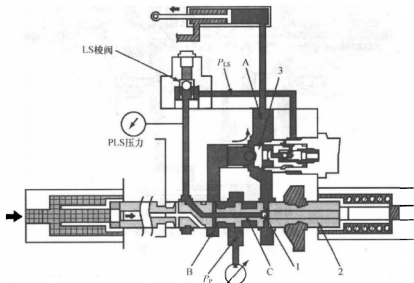


图 3-57 LS 梭阀工作原理 1

1-单向阀; 2-主滑阀; 3 压力补偿阀; A、B、C-油道

(2) 当有 2 个或以上动作同时进行 (如图 3-58 所示)。

每个动作的 P_{LS} 压力均通过 LS 梭阀比较, 其他动作 P_{LS} 与铲斗 P_{LS} 比产生一个较大值, 此较大值与右行走 P_{LS} 比又产生一个较大值, 再与动臂 P_{LS} 比再产生一个较大值, 最后选一个最大的 P_{LS} 压力出来至控制回路。

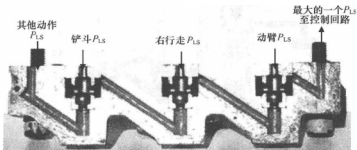


图 3-58 LS 梭阀工作原理 2

6. LS 选择阀

该阀装在回转 P_{LS} 压力出来的通路上, 主要作用是控制动臂和回转复合动作时, 防止来自回转梭阀的高压油流入其他 LS 梭阀, 提高工作装置的操作性。

(1) 如图 3-59 所示, 动臂升, P_{LS} 压力油来推动活塞, 克服弹簧力, 顶住头部阀芯, A、B 口不通, 因此回转 P_{LS} 压力不能进入 LS 梭阀的回路。

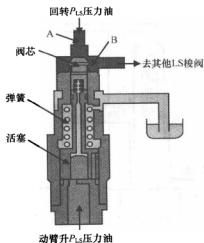


图 3-59 LS 选择阀工作原理 1

(2) 如图 3-60 所示, 动臂升, P_{LS} 压力油未来, 弹簧力推动活塞向下退; 若此时回转 P_{LS} 压力油来, 则顶开阀芯, A、B 口通, 因此回转 P_{LS} 压力油进入 LS 梭阀回路。即回转 LS 梭阀的高压油流入其他 LS 梭阀的回路。



LS控制

动臂升 P_{LS} 压力油

LS控制

动臂升 P_{LS} 压力油动臂升 P_{LS} 压力油

主編關係

P_1 、压力油

P_1 、压力油

P_1 、压力油

P_1 、压力油

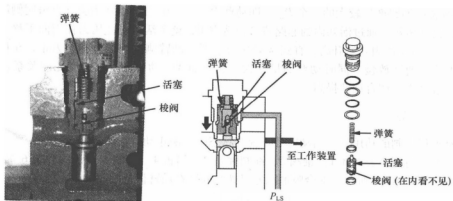


图 3-62 压力补偿阀工作原理 1

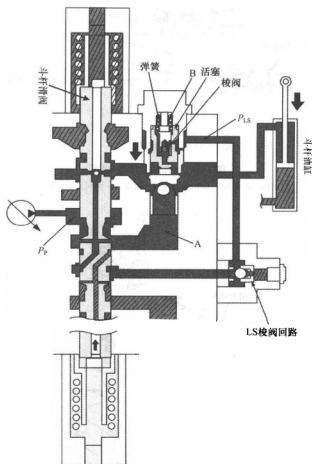


图 3-63 压力补偿阀工作原理 2

PP-泵出口压力；A-油道；B-弹簧室



LS 梭阀回路产生较大的一个 P_{LS} (即动臂 P_{LS}) 压力, 此 P_{LS} 压力去斗杆滑阀侧压力补偿阀, 打开梭阀, 通过活塞内的通路流进弹簧室 B, 整个活塞受此压力作用向下移动, 泵压 P_p 受此节流作用开始升高, 直到 A 处压力变得与动臂侧此处压力相同为止, 斗杆动作流量变小, 速度放慢, 同时动臂油量变大, 速度加快。动臂、斗杆速度比例关系比较协调, 复合动作协调合理性提高。

9. 动臂保持阀

动臂保持阀的功用是: 当动臂处于提升状态时, 防止动臂自然下降。

动臂保持阀主要阀体 1、锥阀 2、锥阀弹簧 3、阀盖 4、滑阀 5 及滑阀弹簧 6 等组成, 如图 3-64、图 3-65 所示。安全吸油阀通过螺纹安装在动臂保持阀阀体上, 已在前文论述。

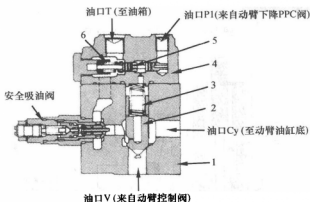


图 3-64 动臂保持阀剖视图

1-阀体; 2-锥阀; 3-锥阀弹簧; 4-阀盖; 5-滑阀; 6-滑阀弹簧

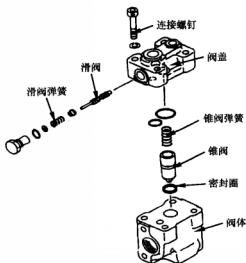


图 3-65 动臂保持阀零件分解图

动臂保持阀的工作原理如下。

(1) 动臂“起升”时，如图 3-66 所示。

动臂操纵杆做起升动作，动臂起升 P_{PC} 压力油输出至动臂控制阀，动臂控制阀阀芯向左移动，主泵压力油通过动臂控制阀芯至动臂保持阀油口 V，把锥阀向上推，再经过动臂保持阀油口 Cy 流入动臂油缸的底端，动臂起升。

(2) 动臂操纵杆在“中立”位置。

动臂操纵杆回到“中立”位置，动臂控制阀阀芯回到“中立”位置，锥阀在锥阀弹簧的作用下回到“中立”位置，动臂油缸底端的保持压力油被锥阀封闭，通过锥阀上的节流口 a 进入锥阀阀芯内的油被滑阀关闭着。因此动臂油缸不下降，动臂保持在原位。

(3) 动臂“下降”时，如图 3-67 所示。

动臂操纵杆做“下降动作”，动臂下降 P_{PC} 压力油至动臂控制阀，动臂控制阀阀芯向右移动，主泵压力油通过动臂控制阀芯至动臂油缸头；与此同时，动臂下降 P_{PC} 压力油也流入动臂保持阀油口 P1，推动滑阀向左移动，来自动臂油缸底的压力油，经小孔 a 节流后流至油箱，在节流口 a 两端产生压力差，锥阀打开，压力油从 Cy 口流到 V 口，油流经过动臂控制阀回油箱，从而实现动臂下降。

若大臂油缸底端回路中产生异常压力，则安全吸油阀起作用。

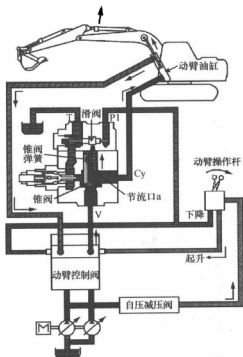


图 3-66 动臂保持阀油路图 1

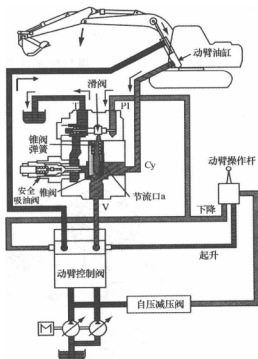


图 3-67 动臂保持阀油路图 2

3.2.3 自压减压阀

自压减压阀的功用是减小主泵的输出压力，类似先导泵的作用；其输出压力可作为电



磁阀和 PPC 阀的控制压力等。

1. 构造

自压减压阀（如图 3-68、图 3-69 所示）主要由上阀体、顺序阀、下阀体、锥阀、滑阀、钢球及弹簧等组成。

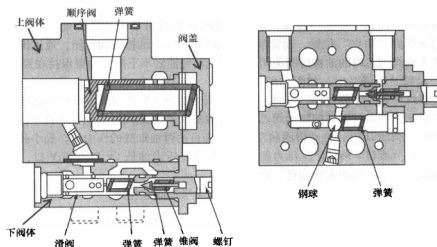


图 3-68 自压减压阀（两个剖面图）

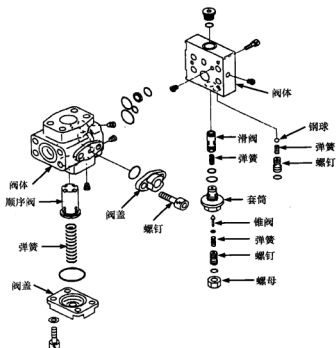


图 3-69 自压减压阀零件分解图

2. 工作原理

(1) 当发动机停止时(如图3-70所示), 弹簧4把锥阀3挤向阀座, 油口PR至T的通道被关闭; 弹簧2把滑阀1推到左边, 油口P1至PR的通道被打开; 弹簧5把顺序阀6推到左边, 油口P1至P2的通道被关闭。

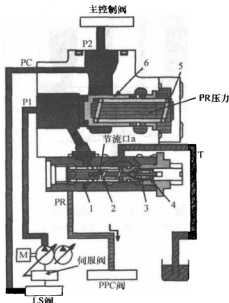


图3-70 自压减压阀油路图1

1-滑阀; 2-弹簧; 3-锥阀; 4-弹簧; 5-弹簧; 6-顺序阀; P1、P2、PR、T-油口

(2) 当操作在中位, 或者负荷压力 P_2 低(动臂、小臂因自重落下时)、负荷 P_2 比自压减压阀输出压力 P_R 低时, 弹簧5以及 P_R 压力把阀6向左推, P1至P2之间开口减小, P1至P2的开口调整到使压力 P_1 高于压力 P_R , P_R 压力超过设定压力, 锥阀3打开, 工作油沿PR口经滑阀1内的孔a至锥阀3的开口部向油箱口T流动, 滑阀1内部孔a左、右两侧产生压差, 滑阀1向右移动, P1至PR之间开口减小, 产生节流减压, 减小至压力 P_R 为设定压力, 输出至控制回路。

(3) 当负荷压力 P_2 高时, 负荷压力 P_2 增加, 压力 P_1 也增加, 当顺序阀6两端压力差超过弹簧5调定压力时, 顺序阀6右移, P1至P2的开口增加, 节流阻尼变小, P_R 压力超过设定压力, 锥阀3打开, 工作油沿PR口经滑阀1内的孔a至锥阀3的开口部向油箱口T流动, 滑阀1内部孔a左、右两侧产生压差, 滑阀1向左移动, P1至PR之间开口减小, 产生节流减压, 减小至压力 P_R 为设定压力, 输出至控制回路。

(4) 发生异常高压时(如图3-71所示), PR压力出现异常高压, 克服弹簧2的力推动钢球1, 异常高压油自PR口流向油箱T口, PR压力下降, 保护了液压系统的控制元件(PPC阀、电磁阀等)。

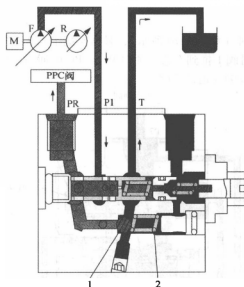


图 3-71 自压减压阀油路图 2

1-钢球；2-弹簧；PI、PR、T-油口



项目实现

本项目采用 PC200-6 型挖掘机作为实训设备。

任务 1 PC 阀输出压力的检测

第一步：卸下测压螺塞，在伺服阀侧安装 40 MPa 的压力表，在泵的输出口安装 60 MPa 的压力表。

第二步：发动机高速空转，测量斗杆挖掘溢流时的油压；检查 PC 阀伺服活塞输入压力是否约为泵输出压力的 1/2。若 LS 阀或伺服活塞发生异常情况时，则伺服活塞输入压力将与油泵输出压力相同或为零。

任务 2 LS 阀输出压力和 LS 阀压差的检测

第一步：卸下测压螺塞，在伺服阀侧安装 40 MPa 的压力表，在前泵、后泵的输出口各安装 60 MPa 的压力表。

第二步：发动机高速空转，用工作装置支起一侧的履带总成，准备检查单侧行走空转时的油压。

第三步：测量 LS 阀伺服活塞输入压力 and 前泵、后泵油压；当行走操纵杆处于中位时，伺服活塞输入压力 and 前泵、后泵油压大致相等；当行走操纵杆处于半行程时，伺服活塞输入压力约为泵输出压力的 1/2。

第四步：卸下测量螺栓，在软管上安装接头；将压差计安装在前泵回路和后泵回路上；压差计的高压侧与油泵的输出口相连，低压侧与主阀的输出口相连。

第五步：测量LS阀压差。当行走操纵杆处于中位时，压差为 $2.9 \pm 0.2 \text{ MPa}$ ；当行走操纵杆处于半行程时，压差为 $2.2 \pm 0.1 \text{ MPa}$ 。

任务3 先导控制油路油压的检测

第一步：将工作装置降至地面，发动机熄火，慢慢地松开液压油箱的加油盖，以释放液压油箱内的压力，然后将安全锁定杆置于锁定位置。

第二步：卸下测压螺栓，安装 6.0 MPa 的压力表。

第三步：启动发动机，在发动机高速空转状态下测量控制回路的油压（最小 2.8 MPa ）。

任务4 行走偏移量检测

第一步：将整机调至行走状态，即完全伸出铲斗、斗杆油缸、动臂与铅垂线保持在 45° 角。

第二步：在平地预行 10 m 后，然后检测行走 20 m 时偏移量（发动机高速空转）。

第三步：重复3次，计算平均值，与标准值比较。

任务5 回转漏油量检测

第一步：拆下回转马达的卸油软管，在油箱侧安装螺塞，堵住不用的一侧油口。

第二步：回转锁定开关打至“ON”。

第三步：启动发动机，在发动机的全速运转情况下，进行回转溢流。

第四步： 30 s 后测量 1 min 的漏油量。

第五步：测定一次后，回转 180° ，然后再检测。

项目 3.3 CAT320 型挖掘机液压系统工作原理

本节作为知识拓展, 仅对 CAT320 型挖掘机液压系统、主泵及其调节器进行介绍。

CAT320 型液压挖掘机由美国卡特皮勒 (CATERPILAR) 公司生产, 其总体液压系统如图 3-72 所示。

该型挖掘机由主液压系统和先导液压系统组成。主液压系统为挖掘机的油缸和马达供油, 进行挖掘、回转、行走等动作; 先导液压系统为控制回路供油, 控制各阀的动作等。

3.3.1 液压系统工作原理

主液压系统由主油泵 26 和 27 驱动。油泵 26 和 27 是斜轴式变量柱塞泵, 二者的使用性能相同。下泵 27 通过弹性联轴器直接与发动机相连, 上泵 26 通过齿轮分动箱与发动机连接, 先导齿轮泵 34 安装在箱体内部, 直接与下泵相连, 驱动先导液压系统。发动机的所有输出功率都用来驱动这 3 个油泵。每个主油泵在空载时的流量都为 240 L/min, 先导泵在额定载荷下的流量为 20 L/min。

如果挖掘机不工作, 油泵输出的油就经控制阀返回液压油箱。此时主控制阀给每个油泵发出信号 (中位负流量控制), 使油泵的排量最小。

当载荷增加时, 主油泵的排量降低。在系统压力增加或减小时保持液压功率与发动机功率大体相同, 上、下油泵输出的油分别进入主控制阀 12 的右、左阀体。如果操作手柄不动作, 上、下油泵输出的油通过主控制阀 12 的中位送回到油箱。主控制阀 12 包括不同的阀杆、阀口通道、单向阀和节流孔, 既允许单独操作, 又允许与其他部分联合操作。主液压系统的最大工作压力由主溢流阀限制, 操作手柄动作时, 液压油根据操作的要求供油。

先导液压系统的油从先导泵经输出管道输出, 先导液压油流过先导过滤器进入先导油总管, 先导液压系统油压被先导溢流阀限定在 3.45 MPa, 随后油流分别到以下几个油路: 先导控制阀油路, 比例减压阀油路, 自动行走速度转换阀 (带有选择控制的行走速度电磁阀) 油路, 逻辑阀 (带有选择控制的压力控制阀和顺序回转电磁阀) 油路, 控制回转停车制动器油路, 主控制阀 12 的先导回路等。

1. 先导控制阀油路

先导控制阀是先导液压系统的主要部件。当操作先导操纵杆时, 先导油推动主控制阀阀芯换向, 操作控制变得很省力。液压启动控制阀是先导控制阀油路的一部分。当液压启动控制杆位于锁定位置时, 液压启动控制阀被关闭, 不向任何先导控制阀供给先导油, 主控制阀芯开关能使启动器开始只控制由于意想不到操作引起的机器突然运动。当控制杆位于开启位置时, 液压启动控制阀打开, 使先导油经液压启动控制阀到达各自的先导控制阀。

2. 比例减压阀回路

当通道内的部分先导油进入比例减压阀时, 比例减压阀持续接收到来自电子控制器的电信号, 并将来自通道的先导油转换成液压信号。液压信号经先导管道传送到主油泵的调节器, 以控制油泵的输出流量, 使流量与先导油的压力成比例变化。

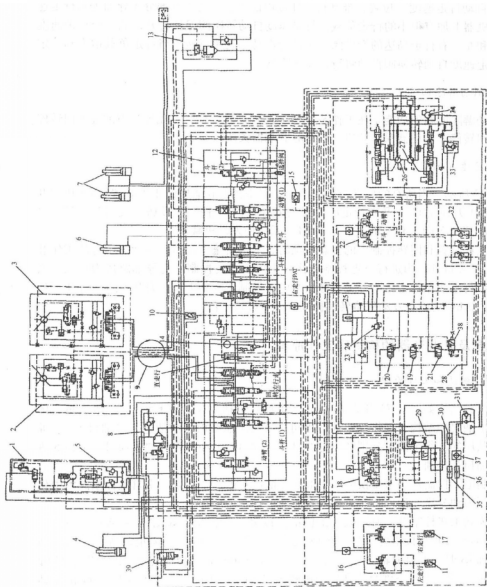


图 3-72 CAT320 型液压挖掘机液压系统

- 1- 回转制动控制阀；2- 右行走马达；3- 左行走马达；4- 斗杆油缸；5- 回转马达；6- 斗杆油缸；7- 动臂油缸；8- 斗杆锁紧阀；9- 压力转换开关（工作装置/回转）；10- 压力继电器；11- 压力转换开关（左行走）；12- 主控制阀；13- 动臂锁紧阀；14- 主油路阀；15- 压力转换开关；16- 18- 先导控制阀；17- 压力转换开关（右行走）；19- 电磁阀（微动控制）；20- 电磁阀（回转优先）；21- 电磁阀（行走速度）；23- 比例减压阀；24- 先导溢流阀；25- 蓄能器 26- 上泵；27- 下泵；28- 先导泄流阀；29- 泄压启动控制阀；30- 旁路单向阀；31- 泄压油缸；32- 减压阀；33- 先导过滤器；34- 先导溢流阀；35- 旁路溢流阀；36- 慢回节阀；37- 冷却器；38- 自动行走速度变换阀；39- 电磁阀（微动回转）

3. 自动行走速度转换阀回路

此回路只有当行走速度开关处于“自动行走速度方式”位置时才起作用。将行走速度开关置于“自动行走速度”位置，推动行走速度电磁阀，通道内的部分先导油进入行走速度电磁阀。机器上加有很小的行走负载，行走速度自动转换阀保持打开，油流经行走速度自动转换阀和左、右行走马达的变量阀，于是行走马达高速运转。当行走负载增大到一定程度时，行走速度自动转换阀自动将行走速度降低。

4. 回转制动解除回路

回转制动解除回路的功能是在工作装置和（或）回转操作时，先导压力油进入回转停车制动器使回转停车制动器保持开启。停车时制动器关闭。

5. 自动怠速（AEC）回路

如图 3-72 所示，当所有的先导控制阀都处于“空挡”位置时，工作装置/回转压力开关 9、左行走压力开关 11 以及右行走压力开关 17 都向电子控制器发送“关闭”信号。当电子控制器收到“关闭”信号时，它启动 AEC 系统使发动机减速。

当操作工作装置和回转控制中的任意一项时，先导油压力升高。增高的压力使工作装置/回转压力开关打开。当进行行走控制操作时，用于行走控制先导油路压力增大。增大的压力使右行走或左行走压力开关打开。当电子控制器收到来自压力开关的“打开”信号时，它取代 AEC 功能，发动机将转速提高到调节杆设定值。

3.3.2 主泵及其调节器的构造和工作原理

1. 主泵的构造和工作原理

主油泵及其结构如图 3-73 和 3-74 所示。主油泵包括上泵 3 和下泵 8，二者通过壳体相连。上、下油泵的结构、工作原理都是相同的。液压油箱出来的油进入进油口 5，该油口是两油泵共用的，每个油泵分别经自身的出油口输出压力油。先导油泵通过进油口 5 进油而通过出油口 2 排油。

用于控制电子控制器功率变换的压力油通过油口 6 进入主油泵，来自主控制阀的中位负流量控制压力油分别经油口 1 和 7 进入主油泵。

主油泵为斜轴式柱塞泵，通过改变缸体的角度来改变排量，如图 3-74 所示。下泵驱动轴 18 与发动机飞轮直接耦合。驱动轴 18 上的齿轮 23 与轴 29 上的齿轮 28 啮合。当发动机飞轮驱动轴 18 时，上泵的轴 29 也由于齿轮 23 和 28 的机械啮合而转动。因为齿轮 23 和 28 的齿数相同，所以上、下油泵均和发动机的转速相同。由于齿轮 23 与先导泵 11 的驱动轴齿轮 12 啮合，所以先导泵 11 也随主油泵运转。

上、下油泵工作原理相同。以下油泵为例，说明如下：驱动轴 18 由发动机驱动。驱动轴 18 通过 7 个柱塞 24 带动缸体 25 转动。缸体 25 与配流盘相接触，缸体 25 在配流盘上回转。缸体 25 上装有柱塞 24，齿轮 23 的斜盘 13 夹住柱塞 24 头部。柱塞 24 根据缸体 25 的角度改变它的行程位移，当柱塞移出缸体 25 孔时吸油；当柱塞进入油缸孔时压油。柱塞压出的油液经配流盘 26 的出口通道 35，然后压力油经出油口 9 从下泵进入液压回路。

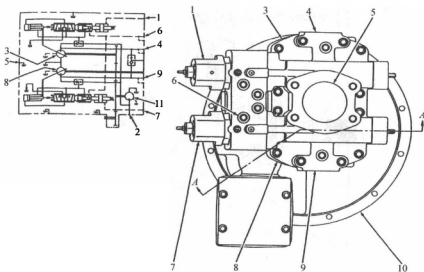


图 3-73 主油泵

1-油口（上泵中位负流量控制压力）；2-出油口（先导泵）；3-上泵；4-出油口（上泵）；5-进油口；6-油口（功率变化压力）；7-油口（下泵中位负流量控制压力）；8-下泵；9-出油口（下泵）；10-壳体；11-先导泵

配流盘 26 在壳体 21 的机械加工槽内运动。配流盘 26 的中心孔 33 连接枢销 20 的一端，枢销的另一端连在调节器 17 的柱塞 27 上；当操作调节器使柱塞 27 移进移出时，由于枢销 20 和配流盘 26 的机械连接而使缸体改变角度。当配流盘 26 沿径向 C 移动时，缸体角度减小，柱塞 24 行程减小，油泵的排量减少。当配流盘沿径向 D 运动时，缸体角度增大，柱塞行程增加，油泵排量增大。

配流盘 26 表面和缸体 25 表面之间的摩擦副将吸油和压油区隔离开，配流盘 26 的另一面与机械加工槽形成密封。摩擦副由精加工而成，因此在拆卸和装配时要加以保护。

配流盘结构如图 3-75 所示。下泵的配流盘 26 与上泵的配流盘 37 是不同的，要特别注意配流盘 26 和配流盘 37 的安装位置要正确。

2. 油泵调节器的构造和工作原理

(1) 调节器功能。

① 通过电子控制系统反馈，调节器接收液压压力信号 C、功率变换压力 P_s ，再根据机器负载情况和发动机的转速控制油泵排量。

② 保持发动机以持续稳定的功率驱动油泵，调节器接收油泵传递的压力 P_o 进行恒功率控制。

③ 当控制杆在“空挡”或“部分运动”位置时，调节器接收到中位负流量控制压力， P_N 控制油泵的排量，这称为中位负流量控制。

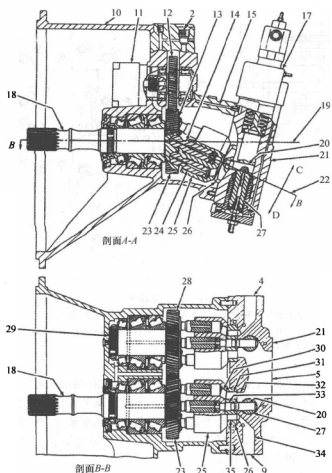


图 3-74 主油泵结构图 (图 3-73 的局部)

2-出油口 (先导泵); 4-出油口 (上泵); 5-进油口; 9-出油口 (下泵); 10、21-壳体; 11-先导泵; 12-齿轮 (先导泵); 13-斜盘; 14-销; 15-通道 (先导泵); 17-调节器; 18-驱动轴 (下泵); 19、22-中心线; 20-枢轴; 23-齿轮 (下泵); 24、27-柱塞; 25-缸体; 26-配流盘; 28-齿轮 (上泵); 29-轴 (上泵); 30-油缸通道; 31、32-进口通道; 33-中心孔; 34、35-出口通道

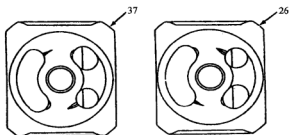


图 3-75 配流盘 (图 3-74 的局部)

26-配流盘 (下泵); 37-配流盘 (上泵)

(2) 调节器构造和工作原理。

上、下油泵调节器的结构、工作原理基本相同，以上油泵调节器为例进行说明，如图 3-76 所示。

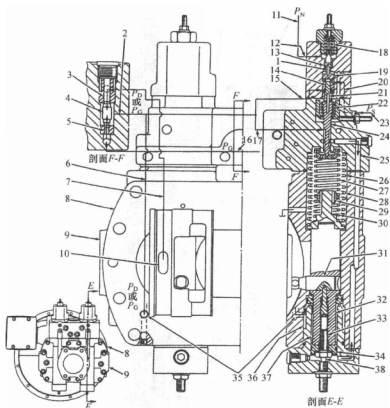


图 3-76 油泵调节器（上泵）

1、21-销；2、3、5、6、7、12、15、16、17、20、25、35-通道；4-梭阀；8-壳体；9-出油口（上泵）；10-输油通道；11-管道（上泵压力 P_N ）；13、32-柱塞；14、24 控制柱塞；18、22、27、28、30-弹簧；19-套筒；23-管道（压力 P_S ）；26-弹簧腔；29-弹簧调整垫；31-枢销；33、38-螺栓；34-卡环；36-盖腔；37-柱塞腔； P_D -油泵传递压力（上泵）； P_G -先导泵传递压力； P_N -中位负流量控制压力； P_S -功率变换压力

上泵的油流经壳体 8 中的通道 10 和 7 及通道 3 和梭阀 4 到达通道 2。先导泵中的油流经通道 16 和 5 及梭阀 4 到达通道 2。主油泵传递压力或先导泵传递压力中的压力较高者通过梭阀 4 进入通道 2 控制泵的排量。

压力油通过通道 2 分成如下三部分：一部分经通道 15 进入调节器到控制柱塞 14；另一部分经通道 17 进入调节器到控制柱塞 24；第三部分经通道 6 和 35，再经盖腔 36 到柱塞腔 37。

功率变换压力 P_S 的油流经管道 23 到油口，该油口由上、下泵的调节器共用。

当恒功率流量控制时，主油泵传递的压力 P_D 和先导泵传递压力 P_G 中的高压者，作用在控制柱塞 14 的轴肩上。控制柱塞 14、销 21 和控制柱塞 24 相应地移动以控制油泵排量。

在中位负流量控制时,来自管道 11 的中位负流量控制 P_N 作用在柱塞 13 的端部表面上。控制柱塞 14 移动,使控制柱塞 24 运动来控制油泵排量。

调节器控制如图 3-77 和图 3-78 所示。

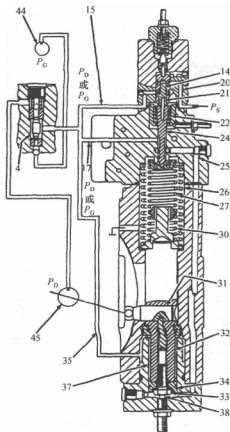


图 3-77 调节器控制 I (图 3-76 的局部)

4-梭阀; 14、24-控制柱塞; 15、17、20、25、35-通道; 21-销; 22、27、30-弹簧; 26-弹簧腔; 31-枢销; 32-柱塞; 33、38-螺栓; 34-卡环; 37-柱塞腔; 44-先导泵; 45-上泵

① 恒功率流量控制 (油泵开始变量前)。

当系统工作负荷较小时,来自通道 15 的较高的主油泵输送压力 P_D 或先导传递压力 P_G 作用在控制柱塞 14 的轴肩 46 上,来自通道 20 的功率变换压力 P_S 作用在控制柱塞 14 的顶端表面 47 上,控制柱塞 14 将销 21 推下,试图使控制柱塞 14 向下移动,但是由于主油泵传递压力 P_D 及先导油泵传递压力 P_G 和功率变换压力之和小于弹簧 22、27 和 30 所产生的联合反力,故控制柱塞 24 不会下移。弹簧 30 的弹力比弹簧 27 的小,故弹簧 30 比弹簧 27 先收缩。通道 48 关闭,而通道 49 打开,在通道 25 和弹簧腔 26 间形成开口油路。弹簧腔 26 的油箱压力作用于卡环 34 底面上,柱塞腔 37 中的主油泵传递压力 P_D 或先导泵传递压力 P_G 使柱塞 32 和卡环 34 向下移动,直到螺栓 33 与螺栓 38 接触为止。由于柱塞 32 通过枢销 31 与缸体机械连接,缸体回转到最大角度位置,使油泵形成最大排量。

油泵排量增大。

③ 中位负流量控制。

如图 3-79 所示, 当所有操纵杆都处于空挡位置时, 主控制阀 54 的中心旁路通道 52 中的油流流量是最大的。当操纵杆轻微移动以进行微调控制操作时, 上泵的部分油流进入通道 51, 降低了中心旁路通道中的油流流量。于是, 流入中心旁路通道 52 的油流被反向流动节流孔 53 节流, 反向流动压力 P_N 在管道 11 内增大。调节器 (增大或减小中位负流量控制压力) 根据中心旁路通道的油流流量大小而动作。当所有的操纵杆都处于空挡位置时, 中位负流量控制压力 P_N 最大, 使油泵的排量保持最小。

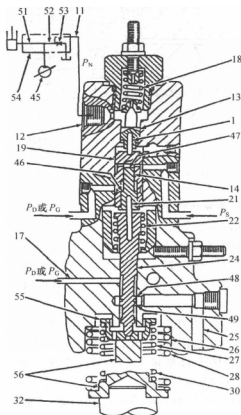


图 3-79 中位负流量控制操作 (图 3-76 的局部)

1、21-销; 11-管道 (中位负流量控制压力); 12-油口; 13、32-柱塞; 14、24-控制柱塞; 17、25、48、49、51-通道 18、22、27、28、30-弹簧; 19-套筒; 26-弹簧腔; 45-上泵; 46-轴肩; 47-端面; 52-中心旁路通道; 53-中位负流量控制节流孔; 54-主控制阀; 55、56-弹簧调整垫

管道 11 中的中位负流量控制压力 P_N 经油口 12 进入调节器, 作用在柱塞 13 的顶面上, 柱塞 13 试图向下运动。功率变换压力 P_s 作用在控制柱塞 14 的端面 47 上, 主油泵传递压力 P_D ; 或先导泵传递压力 P_G 作用在柱塞 14 轴肩 46 上, 同时也作用在套筒 19 的内表面上, 套筒 19 试图推动柱塞 13 向上运动。

当作用在柱塞 13 上的中位负流量控制压力比作用在套筒 19 的压力之和的大时, 柱塞 13 向下运动, 进行中位负流量控制。柱塞 13 向下运动的同时, 套筒 19 通过销 1 也被向下压, 使控制柱塞 14 被压下, 这时缸体角度减小, 同时油泵排量减小, 这就是中位负流量控制。

当所有的操纵杆均在空挡位置时 (由于中位负流量控制压力最大), 控制柱塞 14 向下推动销 21 使控制柱塞 24 也向下移动, 通道 48 打开。来自通道 17 的主油泵传递压力或先导泵传递压力将柱塞 32 顶起, 压缩弹簧 27、28 和 30。当弹簧调整垫 56 的上端面与弹簧调整垫 55 相接触时, 在主油泵传递压力或先导泵传递压力作用下, 控制柱塞 24 连同柱塞 32 一起被顶起, 直到达到平衡条件为止。控制柱塞 24 在新的平衡位置保持通道 48 和 49 微开, 如同在恒功率流量控制中描述的。此时, 缸体的角度最小, 油泵的排量最小。

当操纵杆部分移动时, 中位负流量控制压力逐步减小, 其作用在柱塞 13 上的力也减小。当压缩弹簧 27 和 30 的力超过逐渐减小的中位负流量控制压力的作用时, 控制柱塞 24 在弹簧调整垫 56 与弹簧调整垫 55 接触前就向上运动。在微动控制操作时, 油泵的排量根据中位负流量控制压力被控制在介于最小和最大排量之间的任意值。



问题思考

1. 对照实物找出 SY200 型挖掘机主要液压元件。
2. 简要分析 SY200 型挖掘机主泵变量原理。
3. 简要分析 PC200 型挖掘机 LS 阀、PC 阀的工作原理。
4. SY200 型挖掘机是如何实现直线行走的?
5. 简要分析 PC200 型挖掘机是如何实现两泵合流的?
6. 分析 SY200 型挖掘机和 PC200 型挖掘机液压系统的特点。

第 4 单元

挖掘机电气系统的测试和调节

现代液压挖掘机普遍采用了以微处理器技术和传感器技术为核心的机电一体化控制技术，充分发挥液压挖掘机的使用性能，提高发动机功率的利用率，减少液压系统的能量损失，并改善操作性能，使液压挖掘机能够适应多种工作状况的复杂负载条件，提高作业效率。

挖掘机电子微机控制系统主要包括：电子功率优化系统，自动怠速装置，电子监控系统 and 电子油门控制系统等。

电子功率优化系统 EPOS (Electric Power Optimizing System) 对发动机和液压泵进行综合控制，使两者达到最佳的匹配，可以达到明显的节能效果。

装有自动怠速装置的挖掘机，当操纵杆回中位达数秒时，发动机能自动进入低速运转，从而可减少液压系统的空流损失，起到节能和降低噪声的作用。

电子油门控制系统可以实现对柴油机转速的自动控制等。

电子监控系统对挖掘机的运行进行监视，一旦发现异常能够及时报警，并指出故障的部位，从而可及早清除事故隐患，减少维修时间，降低保养和维修费用，改善作业环境，提高作业效率。

本单元选取 SY200 型挖掘机电气系统作为重点训练项目，选取 CAT320 型挖掘机电气系统作为知识拓展。

项目 4.1 SY200 型挖掘机电气系统的测试和调节

项目 4.2 CAT320 型挖掘机电气系统工作原理

项目 4.1 SY200 型挖掘机电气系统的测试和调节



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解 SY200 型挖掘机电气系统的基本组成与工作原理。
- (2) 掌握 SY200 型挖掘机电气系统主要电气元件的功用。
- (3) 掌握 SY200 型挖掘机电气系统的测试和调节方法。

2. 能力目标

- (1) 能够分析 SY200 型挖掘机电气系统工作原理。
- (2) 能够运用仪表检查 SY200 型挖掘机电气系统的电压、电流等参数。
- (3) 能够正确拆装 SY200 型挖掘机电气系统主要的电气元件。



相关知识

液压挖掘机电气控制系统主要是对发动机、液压泵、主阀和执行元件（液压缸、液压马达）的一些温度、压力、速度、开关量进行检测，并将有关检测数据输入给挖掘机的专用控制器，控制器综合各种测量值、设定值和操作信号发出相关控制信息，对发动机、液压泵、液压控制阀和整机进行控制。

4.1.1 挖掘机常用传感器

挖掘机上常用的传感器有温度传感器、转速传感器、压力传感器和位置传感器等，下面选取几种常见的传感器进行介绍。

1. 热敏电阻温度传感器

(1) 工作原理及特点。

热敏电阻是用陶瓷半导体材料制成的敏感元件，工作原理是热电阻效应。物质的电阻率随温度变化而变化的物理现象称为热电阻效应。

热敏电阻特点表现为电阻温度系数大，灵敏度高，热惯性小，体积小，结构简单，反应速度快，使用方便，寿命长，易于实现远距离测量，但它的互换性较差。

(2) 分类。

按照电阻值随温度变化的特点，热敏电阻可以分为以下 3 类。在工作温度范围内：电阻值随着温度的升高而增加的热敏电阻，称为正温度系数热敏电阻（PTC）；电阻值随着

温度的升高而减小的热敏电阻,称为负温度系数热敏电阻 (NTC);在临界温度时,阻值发生锐减的称为临界温度热敏电阻 (CTR)。PTC 和 CTR 热敏电阻随温度变化的特性属巨变型,适合在某一较窄温度范围内作温度控制开关或供检测使用。NTC 热敏电阻随温度变化的特性属缓变型,适合在较宽温度范围内作为温度测量用,是主要使用的热敏电阻。

按照氧化物比例的不同及烧结温度的差别,热敏电阻可以分为以下 3 类:工作温度在 300°C 以下的低温热敏电阻、 $300 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 的中低温热敏电阻和工作温度较高的高温热敏电阻。

(3) 应用。

① 热敏电阻温度传感器可以用来测量发动机冷却水的温度,如图 4-1 所示。



图 4-1 发动机冷却液温度传感器

1-插头; 2-塞子; 3-热敏电阻

② 热敏电阻温度传感器可以用来进行燃油油量报警。如图 4-2 所示,当燃油箱内燃油量多时,负温度系数的热敏电阻元件 3 浸没在燃油中散热快,其温度较低,电阻值大所以电路中电流很小,报警灯处于熄灭状态。当燃油减少到规定值以下时热敏电阻元件 3 露出油面,散热慢,温度升高,电阻值减少,电流增大,则报警灯发亮。

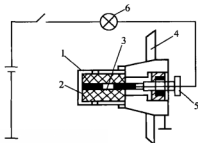


图 4-2 使用热敏电阻温度传感器的燃油油面报警电路

1-外壳; 2-金属网丝; 3-热敏电阻; 4-油箱外壳; 5-接线柱

③ 热敏电阻式温度传感器可用于空调控制系统。将负温度系数的热敏电阻温度传感器安装在空调的蒸发器壳体或者蒸发器片上,用来检测蒸发器表面温度的变化,依此来控制压缩机的工作状况。当蒸发器周围温度发生变化时,传感器的电阻值也相应地发生变化。

2. 转速传感器

变磁阻式转速传感器用以检测旋转体的转速,由感应线圈 1、软磁铁芯 2、永久磁铁 4、外壳 5 等组成,如图 4-3 所示。传感器固定不动,传感器与齿轮之间保持一定的间隙 δ 。

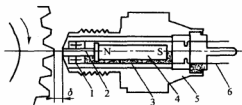


图 4-3 变磁阻式转速传感器

1-感应线圈；2-软磁铁芯；3-连接线；4-永久磁铁；5-外壳；6-接线片

当齿轮转动时，齿峰与齿谷交替地通过传感器软磁铁芯，空气隙的大小发生周期性变化，使穿过铁芯的磁通也随之发生周期性地变化，于是在感应线圈中感应出交变电动势。该交变电动势的频率与铁芯中磁通变化的频率成正比，也就与通过铁芯端面的飞轮齿数成正比，即 $f = nZ/60$ (Hz)，其中 n 为齿轮转速， Z 为齿轮齿数。将传感器输出信号经过放大、整形后，送到计数器或微机处理器中处理，就可以得出转速。

变磁阻式转速传感器具有结构简单、输出阻抗低、工作可靠、价格便宜等优点，应用广泛。

如图 4-4 所示为发动机转速传感器安装在发动机飞轮外壳上。当飞轮转动时，传感器的输出信号经 A/D 转换后，送给控制器，控制器根据此信号来确定发动机的转速。

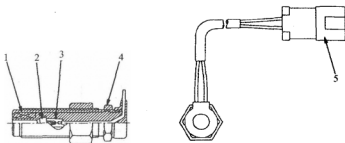


图 4-4 发动机转速传感器

1-金属丝；2-电磁铁；3-端子；4-壳体；5-插头

3. 压力传感器

压力传感器安装在控制阀入口油路端，将泵输出压力转变为电压信号，如图 4-5 所示；压力传感器工作原理如图 4-6 所示。



图 4-5 压力传感器

1-传感器；2-插头

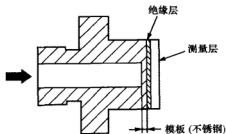


图 4-6 压力传感器工作原理

当油从压力入口进入,将压力施加给油压检测器的膜板时,膜板弯曲变形。测量层安装在膜板对面,测量的电阻值将膜板的弯曲度转换为输出电压传给电压放大器,放大器将电压进一步放大,然后传给控制器。

压力 P (MPa) 和输出电压 V (V) 的关系为:

$$V = 0.008 \times P + 1.0 \quad (4-1)$$

4. 电位器式角位移传感器

电位器式角位移传感器的敏感元件是电位器,利用电位器将输入角位移转化为与之成函数关系的电阻或电压输出。按照传感器中电位器的结构形式可将其分为绕线式、薄膜式、光电式;按照其特性曲线可将其分为线性电位器式和非线性(函数)电位器式。

绕线电位器式角位移传感器的结构和工作原理如图 4-7 所示。传感器主要由电位器和电刷两部分组成。电位器由电阻系数很高、极细的绝缘导线整齐地绕在一个绝缘骨架上制成,去掉与电刷接触部分的绝缘层,并加以抛光,形成一个电刷可在其上滑动的光滑而平整的接触道。电刷通常由具有弹性的金属薄片或金属丝制成,电刷与电位器间始终有一定的接触压力。检测角位移时,将传感器的转轴与被测角度的转轴相连,被测物体转过一定角度时,电刷在电位器上有一个对应的角位移,于是在输出端就有一个与转角成比例的输出电压 U_0 。

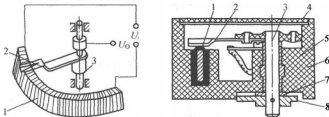


图 4-7 绕线电位器式角位移传感器

1-电阻元件; 2-电刷; 3-转轴; 4-端盖; 5-衬套; 6-外壳; 7-垫片; 8-锁止片

绕线电位器式传感器的优点是性能稳定,容易达到较高的线性度和实现各种非线性特性;缺点是存在阶梯误差,分辨率低,耐磨性差,寿命较短。

4.1.2 步进电动机

1. 步进电动机的结构和工作原理

步进电动机是一种将输入的脉冲信号转换成输出轴的角位移(或直线位移)的执行元件。电动机每输入一个脉冲信号,输出轴便转过一个固定的角度,即向前迈进了一步。因而,输出轴转过的总角度是与输入的脉冲的个数成正比的,而输出轴的转速则是与脉冲频率成正比的。电动机输出轴的转向则取决于输入脉冲的相序。

步进电动机有反应式、永磁式、混合式等多种,下面主要以反应式步进电动机为例,介绍步进电动机的工作原理及其运行特性。

(1) 反应式步进电动机。

如图 4-8 所示为三相反应式步进电动机的结构原理图。定子和转子都用硅钢片叠成。

定子上有6个极,其上装有线圈,相对两个极上的线圈串联起来组成3个独立的绕组,成为三相绕组,独立绕组数称为步进电动机的相数。除三相以外,步进电动机还可以做成四、五、六等相数。图中转子有四个极或称四个齿,其上无绕组,本身亦无磁性。工作时,驱动电源将脉冲信号电压按一定的顺序轮流加到定子三相绕组上。按其通电顺序的不同,三相反应式步进电动机有以下三种运行方式。

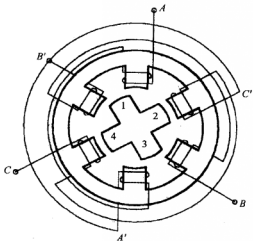


图 4-8 三相反应式步进电动机工作原理

① 三相单三拍运行方式。“三相”指三相步进电动机,“单”指每次只给一相绕组通电,“三拍”指通电三次完成一个通电循环。也就是说,这种运行方式是按 $A-B-C-A$ 或相反顺序通电的。

当 A 相绕组单独通电时,由于磁场线总是力图从磁阻最小的路径通过,即要建立以 AA' 为轴线的磁场,因此,在反应转矩的作用下,如图 4-9 (a) 所示,转子将从前一步的位置转到齿 1、3 与定子 AA' 极对齐的位置。当 A 相绕组断电, B 相绕组单独通电时,又会建立以 BB' 为轴线的磁场,如图 4-9 (b) 所示,靠近 B 相的转子齿 2、4 将转到与 BB' 极对齐的位置。而当 B 相绕组断电, C 相绕组单独通电时,如图 4-9 (c) 所示,靠近 C 相的转子齿 3、1 将转到与 CC' 极对齐的位置,以后重复上述过程。可见,当三相绕组按 $A-B-C-A$ 的顺序通电时,转子将按顺时针方向旋转。若改变三相绕组的通电顺序,即按 $A-C-B-A$ 的顺序通电,转子就会变成逆时针方向旋转。通电一个循环,磁场在空间旋转了 360° ,而转子只转过了一个齿距角(转子相邻两齿中心线之间的夹角)。显然,齿距角 θ_z 与转子齿数 Z 之间的关系为:

$$\theta_z = \frac{360^\circ}{Z}$$

对于四个转子齿的步进电动机来说, $\theta_z = 90^\circ$ 。在单三拍运行时,步距角 θ_b (每输入一个脉冲时转子转过的角度) 只有齿距角的三分之一,即:

$$\theta_b = \frac{1}{3}\theta_z = \frac{90^\circ}{3} = 30^\circ$$

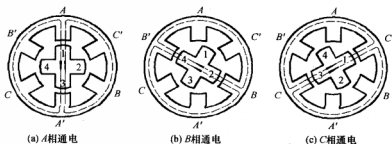


图 4-9 三相单三拍运行方式

② 三相双三拍运行方式。这种运行方式是按 $AB-BC-CA-AB$ 或相反的顺序通电的，即每次同时给两相绕组通电。

当 A 、 B 两相绕组同时通电时，由于 AB 两相的磁极对转子齿都有吸引力，故转子将转到如图 4-10 (a) 所示位置；当 A 相绕组断电， BC 两相绕组同时通电时，同理，转子将转到图 4-10 (b) 所示位置；当 B 相绕组断电， CA 两相绕组同时通电时，转子将转到如图 4-10 (c) 所示位置。可见，当三相绕组按 $AB-BC-CA-AB$ 顺序通电时，转子将顺时针旋转；若改变通电相序即可改变转子旋转的方向。通电一个循环，磁场在空间旋转了 360° ，而转子也只转了一个齿距角。双三拍运行时，步距角仍等于齿距角的三分之一，即 $\theta_b = 30^\circ$ 。

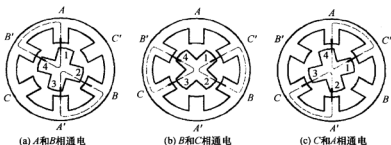


图 4-10 三相双三拍运行方式

③ 三相单、双六拍运行方式。这种运行方式是按 $A-AB-B-BC-C-CA$ 或相反的顺序通电的，即需要六拍才完成一个循环。

当 A 相绕组单独通电时，转子将转到图 4-9 (a) 所示位置，当 A 相和 B 相绕组同时通电时，转子将转到如图 4-10 (a) 所示位置，以后情况依次类推。所以采用这种运行方式时，经过六拍即完成一个循环，磁场在空间旋转了 360° ，转子仍只转了一个齿距角，但步距角却因拍数增加一倍而减少到齿距角的六分之一，即等于 15° 。

其他相数的步进电动机同样也可以有多种运行方式，例如四相步进电动机有四相单四拍 ($A-B-C-D$)、四相双四拍 ($AB-BC-CD-DA-AB$) 和四相八拍 ($A-AB-B-BC-C-CD-D-DA-A$) 或 ($AB-ABC-BC-BCD-CD-CDA-DA-DAB-AB$) 等运行方式。

反应式步进电动机在脉冲信号停止输入时，转子不再受到定子磁场的作用力，转子将因惯性而可能继续转过某一角度，因此必须解决停车时的转子定位问题。一般是在最后一

个脉冲停止时,在该绕组中继续通以直流电,即采用带电定位的方法。永磁式步进电动机因转子本身有磁性,可以实现自动定位,不需采用带电定位的方法。

由以上的讨论可以看到,无论采用何种运行方式,步距角步距角 θ_b 与转子齿数 Z 和拍数 N 之间都存在着如下关系:

$$\theta_b = \frac{360^\circ}{ZN} \quad (4-2)$$

既然转子每经过一个步距角相当于转了 $1/ZN$ 圈,若脉冲频率为 f ,则转子每秒就转了 f/ZN 圈,故转子每分钟的转速为:

$$n = \frac{60f}{ZN} \quad (4-3)$$

图 4-8 所示的步进电动机,步距角太大,不能满足要求。要想减小步距角,由式 (4-1) 可知,一是增加相数(即增加拍数),二是增加转子的齿数。由于相数越多,驱动电路就越复杂,所以较好的解决方法还是增加转子的齿数。典型结构如图 4-11 所示,转子的齿数增加了(图中为 40 个齿),定子每个极上也相应地开了几个齿(图中为 5 个齿)。当 A 相绕组通电时, A 相磁极下的定子、转子齿应全部对齐,而 BC 相下的定子、转子齿应同图 4-9 一样依次错开 $1/m$ 个齿距角(m 为相数),这样在 A 相断电而别的相通电时,转子才能继续转动。

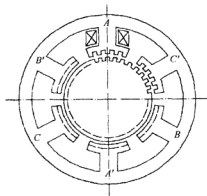


图 4-11 步进电动机典型结构

对于图 4-11 所示的步进电动机来说,由于 $Z=40$,故采用单三拍和双三拍方式运行时:

$$\theta_b = \frac{360^\circ}{ZN} = \frac{360^\circ}{40 \times 3} = 3^\circ$$

采用六拍运行方式时:

$$\theta_b = \frac{360^\circ}{ZN} = \frac{360^\circ}{40 \times 6} = 1.5^\circ$$

当电动机直径较小时,增加转子的齿数有困难,可以将定子、转子铁芯作为 m 段,每段定子铁芯上只绕有一个绕组,相邻定子磁极或转子齿错开 $1/m$ 个齿距。这种结构形式称为多段式。

(2) 永磁式步进电动机。

永磁式步进电动机是转子或定子的某一方具有一对或几对永久磁钢,另一方由软磁材料制成并绕有控制绕组。工作时绕组轮流通电,建立的磁场与永久磁钢的恒定磁场相互作用产生转矩。控制绕组一般做成两相或四相,定子为两相绕组(AO 、 BO),每相为两对极,转子为星形磁钢,转子的极数与定子每相极数相同。

如图 4-12 所示的永磁式步进电动机,当定子绕组按 $A-B-(-A)-(-B)-A$ 单四拍分配方式或按 $AB-(-AB)-(-A)-(-B)-(-B)A-AB$ 双四拍分配方式给电时,转子将按顺时针方向转动,每步转过 45° 。当定子绕组按 $A-(AB)-B-B(-A)-(-A)(-B)-(-B)A-(-B)-A$ 八拍分配方式通电时,转子每步转过 22.5° ,因此步距角:

$$\theta_b = \frac{360^\circ}{NP} \quad (4-4)$$

式中: P —转子极对数;

N —拍数,与控制绕组相数有关。

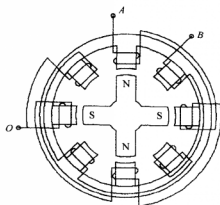


图 4-12 永磁式步进电动机

由上可知，永磁式步进电动机要求电源供给正、负脉冲，否则电动机不能连续转动，这将使驱动电源复杂。为此可在同一相的极上绕相反绕向的两套绕组，电源只供正脉冲即可。

永磁式步进电动机的优点是：步距角大，一般为 15° 、 22.5° 、 30° 、 45° 、 90° 等；启动频率低，负载启动频率通常在 200 Hz 以下；控制功率较小。其缺点是断电时电动机具有一定的保持转矩。

(3) 混合式步进电动机。

如图 4-13 所示为混合式步进电动机的典型结构，它的定子铁芯与反应式步进电动机相同，即分为若干个极，每个极上有小齿及控制绕组，定子绕组与永磁式步进电动机相同，也是两相集中绕组，每相为两对极，按 $A-B-(A)-(B)-A\cdots$ 次序轮流通以正、负脉冲（也可在同一相的极上绕上两套绕向相反的绕组，通以正脉冲）。转子的中部为轴向磁化的环形永久磁钢，磁钢两端分别套上由软磁材料制成的、上面开有齿槽的导磁体，齿距与定子齿距相同。每段导磁体都和反应式步进电动机转子相同，但两段沿圆周错开半个齿距角。由于转子上有磁钢，因此可以说它是一种永磁式步进电动机，同时其定子和转子的导磁体又和反应式步进电动机相同，是反应式和永磁式步进电动机的结合，因此称为混合式步进电动机。

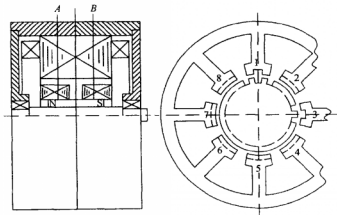


图 4-13 混合式步进电动机

转子环形磁钢一端为 N 极, 如图 4-13 所示的 A 端, 故转子铁芯 A 端整个圆周上都呈 N 极性, B 端转子铁芯呈 S 极性。当定子 A 相通电时, 定子 1-3-5-7 极上的极性为 N—S—N—S, 这时转子的稳定平衡位置就是图 4-13 所示的位置, 即定子磁极 1 和 5 上的齿在 B 端与转子的齿对齐, 在 A 端与转子的槽对齐, 磁极 3 和 7 上的齿与 A 端上的转子齿及 B 端上的转子槽对齐, 而 B 相四个极 (2, 4, 6, 8 极) 上的齿与转子齿都错开 1/4 齿距。由于定子同一个极的两端极性相同, 转子两端极性相反, 但错开半个齿距, 所以当转子偏离平衡位置时, 两端作用转矩的方向是一致的。在同一端定子第一个极与第三个极的极性相反, 转子同一端极性相同, 但第一极和第三极下定子、转子小齿的相对位置错开了半个齿距, 所以作用转矩的方向也是一致的。当定子各相绕组按顺序通以直流脉冲时, 转子每次将转过一个步距角, 其值为:

$$\theta_b = \frac{360^\circ}{PZ} \quad (4-5)$$

式中: P —转子极对数;

Z —转子齿数。

这种步进电动机可以像反应式步进电动机那样做成小步距角, 并有较高的启动频率, 同时它又具有永磁式控制功率小的优点; 但由于采用磁钢并分成两段, 结构比反应式复杂。

2. 步进电动机的主要参数

(1) 电动机固有步距角。

固有步距角表示控制系统每发一个步进脉冲信号, 电动机所转动的角度。电动机出厂时给出了一个步距角的值, 如 86BYG250A 型电动机给出的值为 $0.9^\circ/1.8^\circ$ (表示半步工作时为 0.9° 、整步工作时为 1.8°), 这个步距角可以称为“电动机固有步距角”, 电动机实际工作时的真正步距角还和驱动器有关。

(2) 步进电动机的相数。

它是指电动机内部的线圈组数, 目前常用的有两相、三相、四相、五相步进电动机。电动机相数不同, 其步距角也不同。一般两相电动机的步距角为 $0.9^\circ/1.8^\circ$, 三相的为 $0.75^\circ/1.5^\circ$, 五相的为 $0.36^\circ/0.72^\circ$ 。

(3) 保持转矩 (HOLDING TORQUE)。

保持转矩是指步进电动机通电但没有转动时, 定子锁住转子的力矩。它是步进电动机最重要的参数之一, 通常步进电动机在低速时的力矩接近保持转矩。由于步进电动机的输出力矩随速度的增大而不断衰减, 输出功率也随速度的增大而变化, 所以保持转矩就成为了衡量步进电动机最重要的参数之一。例如, 当人们说 $2\text{ N} \cdot \text{m}$ 的步进电动机, 在没有特殊说明的情况下是指保持转矩为 $2\text{ N} \cdot \text{m}$ 的步进电动机。

(4) 锁定转矩 (DETENT TORQUE)。

锁定转矩是指步进电动机没有通电的情况下, 定子锁住转子的力矩。由于反应式步进电动机的转子不是永磁材料, 所以它没有锁定转矩。



图 4-14 步进电动机驱动方框图

3. 步进电动机驱动技术

使用和控制步进电动机必须有一套驱动系统给步进电动机提供驱动电源, 该系统一般由脉冲发生器、功率放大等环节组成, 其方框图如图 4-14 所示。

(1) 脉冲信号的产生。

脉冲信号一般由单片机或 CPU 产生。一般脉冲信号的占空比为 0.3 ~ 0.4 左右, 电动机转速越高, 占空比则越大。

(2) 信号分配。

驱动步进电动机的脉冲需要按所要求的顺序供给电动机各相。例如三相单三拍驱动方式, 供给步进电动机各相脉冲按 A—B—C—A (正转) 或 A—C—B—A (反转) 顺序提供。脉冲分配器就是用来实现步进电动机各相脉冲通电顺序的。

(3) 功率放大。

脉冲分配器的输出电流只有几个毫安, 而一般步进电动机绕组需要数百毫安到几个安培的电流, 因此脉冲分配器的输出信号必须经过足够大的功率放大才能驱动步进电动机正常运转。常用的功放电路有单电压供电电路、高低压驱动功放电路和细分功放电路等。

为尽量提高电动机的动态性能, 可将信号分配、功率放大组成步进电动机的驱动电源, 如图 4-15 所示。

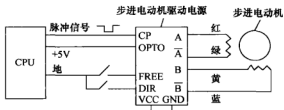


图 4-15 步进电动机驱动原理图

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| CP: 接 CPU 脉冲信号 | OPTO: 接 CPU +5V |
| FREE: 脱机, 与 CPU 地线相接, 驱动电源不工作 | |
| DIR: 方向控制, 与 CPU 地线相接, 电动机反转 | |
| VCC: 直流电源正端 | GND: 直流电源负端 |
| A: 接电动机引出线红线 | B: 接电动机引出线黄线 |
| A-: 接电动机引出线绿线 | B-: 接电动机引出线蓝线 |

步进电动机一经定型, 性能取决于步进电动机的驱动电源。步进电动机转速越高, 力矩越大则要求电动机的电流越大, 驱动电源的电压越高。电压对力矩的影响如图 4-16 所示。

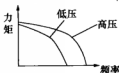


图 4-16 步进电动机电压与力矩的关系

4.1.3 SY200 型挖掘机电气系统工作原理

SY200 型挖掘机电气控制系统包括电子功率优化系统、自动怠速装置、电子油门控制系统、电子监控系统 and 照明、刮雨器、喷水器、空调器和收音机等辅助功能, 如图 4-17 所示。

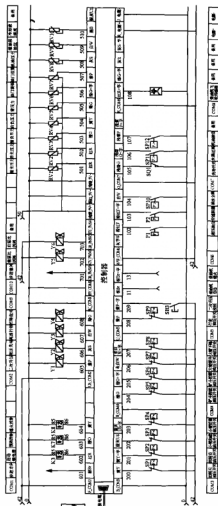
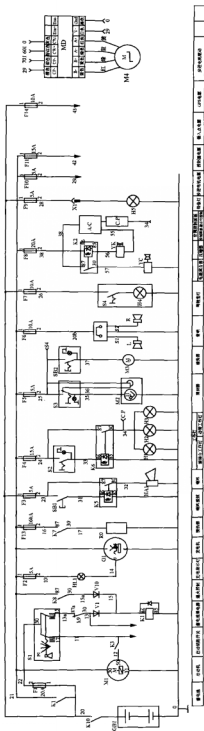


图 4-17 SY200 型挖掘机电气原理图

1. 功率优化系统

该功率优化系统（如图 4-18 所示）采用闭环控制，工作中它根据发动机负荷的变化，自动调节液压泵所吸收的功率，使液压泵的功率始终与发动机的功率相匹配，控制器即对发动机采取分段功率控制，不再追求完全用足发动机功率，而是根据具体的工作状况设定发动机的工作能力，减轻发动机的工作强度，使发动机稳定地运行在经济工况点上。

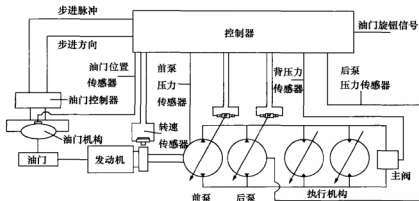


图 4-18 挖掘机功率优化系统图

该系统由恒功率泵、模式阀组（功率阀）、发动机转速传感器、油门位置传感器、控制器、触摸屏及压力传感器组成。发动机转速传感器为电磁感应式，固定在飞轮壳的上方，用以检测发动机的实际转速。油门位置传感器为电阻感应式，固定在油门机构转盘上，用以检测油门的实际位置。通过压力传感器测得的工作实时负荷大小，由控制器程序计算液压泵的需求功率，从而自动调节功率阀电流，实现液压泵的功率调节，使液压系统充分吸收柴油机发出的功率，又不会使柴油机熄火，充分发挥挖掘机的工作能力，如图 4-19 所示。



图 4-19 电子功率优化系统方框图

操作者根据作业工况的不同，选择适合的作业模式，使发动机输出最合理的动力。挖掘机通常有 3 种作业模式可供选择，模式的选择通过模式选择按钮实现。

(1) H 模式。

H 模式即重负荷挖掘模式。发动机油门处于最大供油位置，发动机以全功率投入工作。在这种工作模式下，电磁比例减压阀中的电流在 0 ~ 470 mA 之间变化。

(2) S 模式。

S 模式即标推作业模式。在这种模式下，控制器向电磁比例减压阀提供恒定的 470 mA

电流, 液压泵输入功率的总和约为发动机最大功率的 85%。

(3) L 模式。

L 模式为轻载作业模式。液压泵输入总功率约为发动机最大功率的 60%, 适合于挖掘机的平整作业。

2. 自动怠速系统

当操纵杆回中位达 5 秒后, 压力开关检测油压信号, 压力开关将信号传给控制器, 控制器降低发动机的转速, 发动机自动进入低速运转 (1400 rpm), 从而可减小液压系统的空流损失和发动机的磨损, 起到节能和降低噪声的作用。当扳动操纵杆重新作业时, 发动机自动恢复到原来的转速状态 (如图 4-20 所示)。

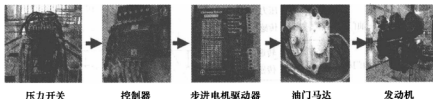


图 4-20 自动怠速系统

3. 电子油门控制系统 (柴油机转速控制系统)

电子油门控制系统由油门旋钮、控制器、电动机驱动器、步进电动机、油门马达等组成。

操作手拧动油门旋钮时, 油门旋钮的电位发生改变, 改变的电位输入控制器, 控制器输出步进方向和步进脉冲信号, 步进方向和步进脉冲信号传递给步进电动机驱动器, 步进电动机驱动器驱动油门马达产生旋转运动, 带动油门拉杆移动, 从而拉动发动机调速器的调速杆, 改变调速器的供油量, 因此也就改变了发动机的转速, 如图 4-21 所示。

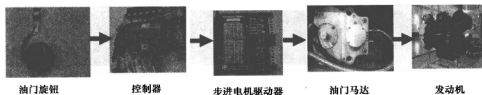


图 4-21 电子油门控制系统方框图

升速时, 由控制器给出步进脉冲信号, 驱动油门机构正转, 柴油机油门开度加大, 柴油机转速上升, 同时油门位置参数减少; 达到设定的油门位置后, 升速信号停止, 进入转速自动调节阶段。

油门位置信号由安装在油门机构上的油门位置传感器获得, 控制器通过模拟通道采集此信号, 并送入控制器内部寄存器处理; 控制器根据实际油门位置与设定油门位置的差值, 进行处理运算后, 输出相应数量的脉冲, 控制步进电动机运行, 从而实现对柴油机转

速的自动控制及自动调节。

降速时,控制器给出步进脉冲和步进方向信号,转速自动调节断开,油门机构反转,油门开度减少,柴油机转速下降;达到怠速状态时,控制器给出停止信号,油门机构停止运行,柴油机在怠速状态运行。

当挖掘机在低怠速下工作(1300 rpm 以下),油门调速机构能自动将发动机转速提升到1300 rpm,以避免因发动机输出功率不足引起的蹇车熄火现象。

为了防止柴油机转速超过允许的最高工作速度,避免造成设备的损坏,对柴油机的转速进行限幅。在柴油机升速和降速调节过程中,油门机构的油门位置信号反馈回控制器,由控制器进行分析,步进电动机正转,油门位置传感器参数减小;步进电动机反转,油门位置传感器参数增加,控制器自动分析柴油机正常运行时的步进电动机正转步数,并进行运算处理得出步进电动机允许正转的最高步数。当由于意外原因引起柴油机转速向最高转速上升时,到达异常油门位置区,控制器能自动封锁步进电动机,以保证柴油机不会超过所允许的最高转速。

4. 电子监控系统

电子监控系统对挖掘机的运行状态进行监视,一旦发生异常能及时报警,并指出故障部位,从而可及早清除事故隐患,减少维修时间,降低保养和维护费用,改善作业环境,提高作业效率。其硬件主要由控制器和触摸屏为系统核心,辅以其他检测和保护控制元件,实现对控制对象的各种监测目的(如图4-22所示)。

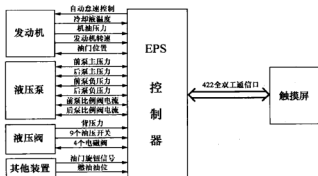


图4-22 故障诊断报警系统图

5. 过热保护控制

当冷却水达到一定温度时,控制器控制工作模式自动降低一档,即从H模式降至S模式再至L模式、B模式。当冷却水温过热达到二级报警(冷却液温度超过103℃)时,柴油机自动进入自动怠速工作状态(转速下降),直至冷却液温度降至正常温度为止。

6. 辅助系统

(1) 电源部分。

系统电源为直流24 V电压供电、负极搭铁方式;采用2节12 V、120 A的H蓄电池串

联作发动机启动电源,由带内置硅整流和电压调节装置的交流发电机充电,以维持蓄电池电量和稳定系统电压;蓄电池输出端装设电源继电器,由钥匙开关控制,以增加电源系统的安全性。

① 发电机。27 V、35 A 交流发电机,由发动机自带,内置硅整流电路及电压调节器,带有频率输出。D+ 为中性点电压输出端子, B+ 为电源输出端子, E 为接地端子。D+ 端子接充电报警灯,在启动初状态,当发电机电压尚未建立时 D+ 端电压为 0 V,充电报警灯亮,蓄电池正电源通过报警灯灯丝流向 D+ 端作为发电机的励磁电流,使发电机迅速建立起电压并进入发电工作状态。发电机进入发电状态后, D+ 端电压达 24 V,充电报警灯熄灭。

② 电源继电器。装于电瓶的正极,控制总电源,由钥匙开关控制,以增加电源系统的安全性。

钥匙开关有“接通”和“断开”两个位置。把钥匙开关打到“接通”位置以启动电路系统,此时电源继电器接通,系统得电。在启动发动机之时,钥匙开关必须是接通的。把钥匙开关打到“断开”位置时,电源继电器断电,以切断电路系统。维修电路系统和机器的其他部件时,要把钥匙开关打到“断开”位置或拔掉钥匙开关以切断蓄电池电路。

(2) 启动部分。

启动部分主要由启动电动机、钥匙开关、转速传感器等组成。

① 启动电动机主要参数为 24 V、4 KW, 3 个接线柱的作用和连接如下: 50 接线柱接启动开关, 31 接线柱为负极搭铁, 30 接线柱可接车上的用电器的正极。

② 钥匙开关: 用于启动发动机。

③ 转速传感器: 用于检测启动过程中发动机转速。

挖掘机启动保护原理及实现过程是由控制器来控制启动马达,并通过程序设置实现保护。柴油机启动前,钥匙开关先打到“通电”挡时,由控制器检测各传感器及相关开关输入信号,检测此时冷却液温度是否低于 3℃,若是,则接通预热继电器,直到冷却液温度高于此值时断开,同时驱动油门机构向油门高位走一行程,以保证油门打开。钥匙开关打到“启动”挡后,控制器检测到“柴油机启动信号”的输入,同时判断“液压操纵杆”信号是否为闭合;若闭合,再判断此时转速是否低于 650 r/m;若是,则接通启动继电器,直到转速高于 650 r/m,则断开启动继电器,启动后启动继电器不再输出。此时控制器完成发动机的发动。

(3) 照明部分。

为了保证夜间行车或作业安全,提高工作效率,外部照明旋转台工作灯、动臂工作灯均采用大功率工作灯,内部照明为驾驶室厢灯,触摸屏具有光控与温控电路,在光线阴暗时自动打开背光,照明液晶屏,在不同的温度下,自动调节液晶屏的灰度,以达到最佳的视觉效果。

此外还有电气操纵机构、空调和音响控制等。



项目实施

本项目选用 SY200 型挖掘机作为实训设备。

任务1 发动机转速校准

发动机转速的准确性关系到机器的正常运转，因此挖掘机下线之前或者挖掘机长时间运行后转速偏差较大，需要对其校准。调整步骤如下。

第一步：打开挖掘机后盖板。

第二步：将油门旋钮打到1挡，启动发动机，将模式由S模式改成H模式（如图4-23所示）。



图4-23 挖掘机显示器画面

第三步：在显示器触摸屏上点击“系统功能”，输入口令后进入监控界面，观察当前转速，如果转速在900~1100范围之外，需要手工调节油门拉杆到此范围之内。

第四步：将短路插头插入控制器校准端口。

第五步：缓慢将油门旋钮转到11挡（在每一挡至少停留1秒），观察当前转速，等待其稳定在2200转左右时（大约需1~5秒），将油门旋钮转到10挡，依次类推，直至1挡。

第六步：拔下校准端口上的短路插头。

第七步：再次检查各挡位转速是否合格。

第八步：点击触摸屏，返回主显示界面。

第九步：检查各挡位是否跳挡。

第十步：如果步骤七或步骤九发现异常，可以从步骤四开始重复整个过程，重新校准一次。

第十一步：挡位及转速都正常后，合上后盖板。

第十二步：将发动机熄火。

任务2 转速传感器的调整

转速传感器是电液控制系统的一个重要部件，它安装在发动机飞轮外壳上。当飞轮转

动时,传感器的信号线圈中产生交变电压信号,电压信号经 A/D 转换后,送给控制器,控制器根据此信号来确定发动机的转速。由于控制器是根据速度信号来进行电液控制的,所以当速度传感器调整不当时,会直接影响挖掘机的工作。一般在更换速度传感器时,需要对速度传感器进行调整。

如图 4-24 所示,转速传感器的调整步骤如下。

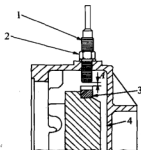


图 4-24 转速传感器的调整

1-转速传感器; 2-锁紧螺母; 3-飞轮; 4-飞轮外壳

第一步: 停机, 拆掉旧传感器, 将新传感器慢慢旋入飞轮外壳上的安装螺孔中, 使传感器的顶部和齿环正好接触。

第二步: 然后逆时针转动传感器, 使传感器顶部与飞轮齿顶之间间隙 A 至规定值 (例如 SY200 型挖掘机 A 为 $1.25 \sim 1.75 \text{ mm}$), 适当拧紧螺母。

第三步: 将速度挡位选择开关置于 1 挡, 启动发动机。

第四步: 按下显示器上的动力模式选择按钮和维修按钮不松手, 直到动力模式指示灯变亮为止。此时, 显示器上显示的数值为发动机转速的 $1/10$, 其值约为 80。

第五步: 若显示值为 80 时, 停机, 并用 $40 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的扭矩将锁紧螺母拧紧。

任务 3 先导电磁阀电阻测量

第一步: 找到先导电磁阀。

第二步: 拔开插头。

第三步: 将万用表接在针脚 1 和针脚 2 之间, 测得电阻在 $20 \sim 60 \Omega$ 之间为正常。

第四步: 将万用表接在针脚 2 和车体之间, 测得针脚 1 和针脚 2 之间电阻在 $1 \text{ M}\Omega$ 以上为正常。

任务 4 功率阀电流测量

第一步: 找到功率阀。

第二步: 拔开插头。

第三步: 油门高怠速, 将电流表串联在针脚 1 和针脚 2 之间, 测得电流在 $320 \pm 80 \text{ mA}$ 之间为正常。

第四步: 升高转速, 电流降低为正常。

项目 4.2 CAT320 型挖掘机电气系统工作原理



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解卡特 CAT320 型挖掘机电气系统的基本组成与工作原理。
- (2) 掌握卡特 CAT320 型挖掘机电气系统主要电气元件的功用。

2. 能力目标

- (1) 能够分析 CAT320 型挖掘机电气系统工作原理。
- (2) 能够运用仪表检查 CAT320 型挖掘机电气系统的电压、电流等参数。



相关知识

CAT320 型挖掘机电气控制系统主要由以下 3 部分组成。

(1) 发动机控制系统和主泵控制系统：发动机控制系统的作用是按照发动机油门旋钮的位置和动力模式选择开关的信号，控制发动机转速；主泵控制系统的作用是按照发动机转速和挖掘机载荷，控制主泵输出功率。

(2) 监控系统：当挖掘机在工作中出现问题或故障时，提示操作者，同时也向维修人员提供故障码和调整信息。

(3) 电气辅助系统：由电源、启动/停车电路、充电电路和低电流电路等组成。

4.2.1 发动机控制系统和主泵控制系统

发动机控制系统和主泵控制系统如图 4-25 所示。

控制器收到来自发动机油门旋钮、动力模式选择开关和发动机转速传感器的信号后，对其进行加工和处理，然后向比例减压阀 11 发出信号。此时，比例减压阀将电信号转换成液压信号，产生功率变换压力 P_s 。 P_s 增大，主泵输出功率减小； P_s 减小，主泵输出功率增大。

主泵输出功率随着发动机油门旋钮位置的变化而变化。发动机油门旋钮指向位置 10，功率变换压力 P_s 最小，主泵产生最大的输出功率。当发动机油门旋钮逆时针转动、位置数字减小时，功率变换压力 P_s 增大，此时主泵的输出功率减小。主泵输出功率的大小是由动力模式选择开关 2 来确定的。当动力模式选择开关 2 位于Ⅲ位置时，主泵输出功率最大；当动力模式选择开关 2 位于Ⅱ位置时，主泵输出功率中等；当动力模式选择开关 2 位于Ⅰ位置时，主泵输出功率最小。

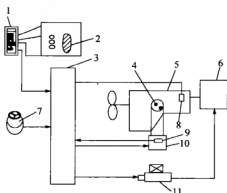


图 4-25 发动机控制系统和主泵控制系统

1-监控器；2-动力模式选择开关；3-控制器；4-皮带轮；5-发动机；6-主泵；7-速度挡位选择开关；8-发动机转速传感器；9-电位器；10-调速器；11-比例减压阀

1. 动力模式选择

动力模式选择开关是用来改变挖掘机工作时发动机输出的有效功率的。应根据挖掘机的工作情况和载荷的大小来选择动力模式。但是，当钥匙启动开关转到 ON 位置时，动力模式选择开关总是在 II 位置。每按下一次开关，动力模式改变一次。选择 3 种动力模式中的一种，其对应的指示灯点亮，表明选择的是这种动力模式。

在 3 种动力模式工况下，主泵的输出压力-流量（ $P-Q$ ）特性曲线图如图 4-26 所示。这是发动机油门旋钮位于位置 10、动力模式选择开关位于 III（100%）、II（85%）、I（60%~65%）时的特性曲线图。

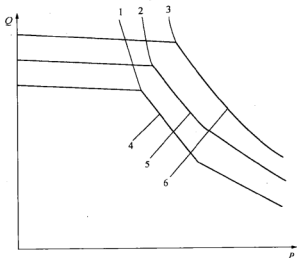


图 4-26 不同动力模式下主泵的 $P-Q$ 特性曲线图

1-模式 I 主泵排量开始减少点；2-模式 II 主泵排量开始减少点；3-模式 III 主泵排量开始减少点；4-动力模式 I；5-动力模式 II；6-动力模式 III

(1) 动力模式Ⅲ（发动机油门旋钮位于位置10）。

动力模式Ⅲ用于工作速度高的重载工况。动力模式选择开关位于Ⅲ位置，发动机油门旋钮位于位置10，通过调速器调节主泵的输出流量和压力，为挖掘机作业提供最大的发动机有效功率。

控制器通过调节油泵，使发动机保持恰当的转速，以产生最大扭矩和有效功率。当发动机载荷增加时，发动机转速与无载荷时相比略有下降。其具体情况是：CAT320 型挖掘机，从 1970 r/min 降至 1800 r/min；CAT325 型挖掘机，从 2150 r/min 降至 2000 r/min；CAT330 型挖掘机，从 1950 r/min 降至 1800 r/min。在额定转速工况下，发动机的有效功率最大。当发动机载荷进一步增加时，发动机转速降低到低于额定转速的数值，此时控制器调整油泵的输出流量，使发动机保持额定转速（CAT320 型挖掘机为 1750 r/min，CAT325 型挖掘机为 1990 r/min，CAT330 型挖掘机为 1790 r/min），此时发动机提供的功率几乎与在额定功率转速时提供的功率相同。

发动机载荷增加，发动机转速下降到低于额定转速时，发动机不能保持最大的有效功率，此时，控制器立刻调节主泵的输出流量，使发动机转速保持为输出最大有效功率时对应的转速；发动机载荷减少，发动机转速升高，此时控制器又会调整主泵的流量，增大输出流量。总之，无论发动机载荷如何变化，控制器会连续地按照动力模式Ⅲ的特性曲线恒功率地调整主泵的输出压力和流量，使发动机保持输出最大功率时的额定转速。

如图 4-27 所示是控制器输入信号图。

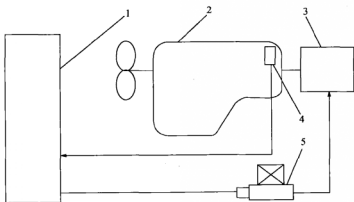


图 4-27 控制器输入信号图

1-控制器；2-发动机；3-主泵；4-发动机转速传感器；5-比例减压阀

控制器通过发动机转速传感器连续地监控发动机转速，然后向比例减压阀发出信号。为了使发动机保持额定转速，比例减压阀处理来自控制器的信号，并改变输入主泵调节器的功率变换压力 P_s ，调节主泵的输入功率，从而使发动机保持额定转速。

如图 4-28 所示，动力模式选择开关位于Ⅲ位置，当载荷增加、主泵输出压力 P_a 增大时，主泵排量开始减少，以使发动机保持额定转速。主泵输出压力 P_a 通过油道 3 到控制活塞肩部，而功率变换压力 P_s 通过油道 4 到控制活塞顶端，使主泵排量减少。

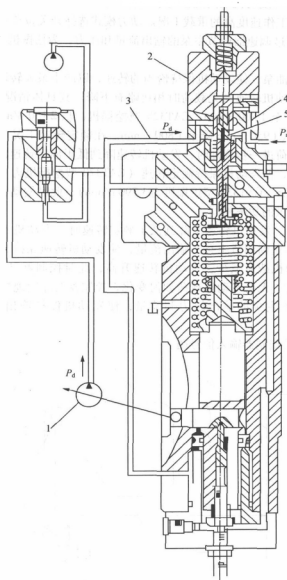


图 4-28 主泵调节器

1-主泵；2-主泵调节器；3、4-油道；5-控制活塞（ P_d ）

动力模式选择开关位于Ⅲ位置时，控制器接收来自发动机转速传感器和行走压力开关或工作装置、回转压力开关的信号。控制器对这些信号进行加工处理后，向比例减压阀发出指令，使比例减压阀改变控制两个主泵调节器的功率变换压力 P_s ，从而增加或减少主泵的输出功率。当一个主泵输出功率减少时，另一个主泵输出功率可以增加。发动机提供给主泵的最大有效功率的百分比由总功率控制系统决定。

① 当单独操作行走控制阀或与工作装置/回转装置同时操作时, 发动机可利用的最大有效功率约为 90%~100%。

② 当操作行走控制阀以外的其他控制阀时, 发动机可利用的最大有效功率约为 60%~70%。

③ 在发动机油门位置选定后, 功率变换压力 P_s 几乎保持不变。当载荷减少到无载荷时, 发动机转速降低 250 r/min, 若发动机转速降低量低于该值, 则主泵输出流量减少, 导致发动机功率的有效利用率下降。

(2) 动力模式 II。

选择动力模式 II 时, 在无载荷工况下发动机油门旋钮位于位置 10 时的转速与位于位置 9 时的转速相同。单独进行行走或同时进行行走和其他操作时, 发动机输出功率与选择动力模式 III 时的有效功率相同。

(3) 动力模式 I。

选择动力模式 I 时发动机油门旋钮位于位置 2~4 时的发动机转速, 与选择动力模式 II 或 III 时发动机油门旋钮位于位置 1 时的发动机转速相同。单独进行行走或同时进行行走和其他操作时, 发动机有效功率与动力模式 II 时的有效功率相同。

2. 怠速控制系统 (AEC)

控制器输入和输出信号简图如图 4-29 所示。

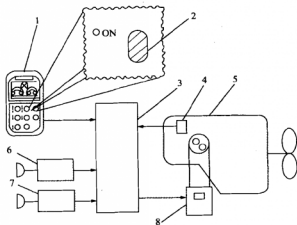


图 4-29 控制器输入和输出信号简图 (一)

- 1- 监控器; 2- AEC 开关; 3- 控制器; 4- 发动机转速传感器; 5- 发动机; 6- 行走压力开关;
7- 工作装置/回转压力开关; 8- 调速器

当挖掘机不需要液压油或需要少量液压油, 而发动机油门旋钮位于位置 5 或 5 以上的位置时, 发动机转速自动控制系统起作用, 自动降低发动机转速。

当 AEC 开关位于 OFF 位置时, 若挖掘机没有液压油需求或液压油流量需求很少, 则控制器直接控制调速器, 发动机转速最大能降 100 r/min。

当 AEC 开关位于 ON 位置时, 控制器控制调速器。若挖掘机没有液压油需求或载荷很

小时，发动机转速自动降到 1300 r/min。

3. 低速控制

控制器输入和输出信号简图如图 4-30 所示。

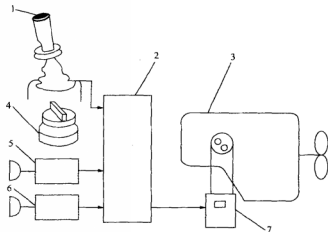


图 4-30 控制器输入和输出信号简图 (二)

1-低速开关；2-控制器；3-发动机；4-发动机油门旋钮；5-行走压力开关；
6-工作装置/回转压力开关；7-调速器

当挖掘机不工作、各操纵杆均位于空挡位置时，按下低速开关 1，发动机转速低于 1300 r/min。

控制器监控行走压力开关 5 和工作装置/回转压力开关 6 的信号。当低速开关 1 转换到 ON 位置时，控制器检查系统有没有液压油需求，若没有，则取消发动机转速自动控制功能。

当低速开关 1 转换到 OFF 位置时，发动机转速可恢复到原来调定的转速。

4.2.2 监控系统

监控系统如图 4-31 所示，其具有以下功能：

- (1) 告知操作者挖掘机出现的问题；
- (2) 告知操作者挖掘机的相关工作参数；
- (3) 告知操作者挖掘机电控系统中存在的问题和过去已经出现过的问题；
- (4) 为挖掘机电控系统的测试和调整提供信息。

1. 监控系统元件介绍

(1) 控制器输入元件。

控制器输入元件的作用是向控制器输入挖掘机的工作状态信号，包括以下几种元件。

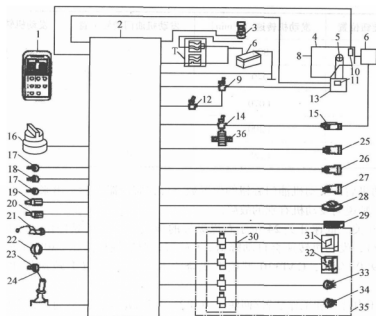


图 4-31 监控系统各元件位置图

1-监控器；2-控制器；3-钥匙启动开关；4-发动机；5-皮带轮；6-主泵；7-保险丝盒；8-蓄电池；9-调速器备用开关；10-发动机转速传感器；11-电位器；12-发动机转速变换开关；13-调速器；14-主泵备用开关；15-比例减压阀；16-发动机油门旋钮；17-行走压力开关；18-工作装置/回转压力开关；19-发动机冷却液温度传感器；20-液压油温度传感器；21-燃油油位传感器；22-交流发电机；23-发动机机油压力开关；24-低速开关；25-微动控制电磁阀；26-回转优先电磁阀；27-行走速度电磁阀；28-报警器；29-行走报警器；30-继电器盒；31-刮水器；32-清洗器；33-底盘灯；34-动臂灯；35-电气系统；36-备用电阻；37-动臂升起压力开关

① 发动机转速传感器。发动机转速传感器 10 装在发动机飞轮壳上，当飞轮上的轮齿通过发动机转速传感器时，发动机转速传感器 10 便产生电流脉冲信号，传送给控制器。控制器对得到的脉冲信号进行处理后，便可计算出发动机转速。此信号频率一般为 750 Hz 或更大，电压为 2 V (AC)。

② 电位器。电位器 11 与调速器 13 是一个整体。当调速器 13 工作时，皮带轮 5 转动，并移动调速器杆。当调速器杆的位置移动到与发动机油门旋钮 16 所指的位置一致时，电位器 11 向控制器发出调速器杆的位置信号。

③ 监控器。监控器对来自各种开关的信号进行处理后发出指令。控制器根据这些开关信号选择不同的功能，选择各种工作模式和动力模式，并且对控制系统进行故障诊断，显示各种故障码，以便排除故障。

④ 发动机油门旋钮。发动机油门旋钮 16 位于右操纵台上，其作用是向控制器发出 10 种速度信号，也就是说，发动机油门旋钮有 10 个位置。位置 1 为低速，而位置 10 为高速。当发动机启动后，在发动机无载荷的情况下，发动机油门旋钮的 10 个位置所对应的发动机转速见表 4-1。

表 4-1 CAT320 型挖掘机发动机油门旋钮位置与发动机转速对照表

发动机油门旋钮位置	发动机转速 (r/min)	发动机油门旋钮位置	发动机转速 (r/min)
1	800	6	1460
2	940	7	1590
3	1070	8	1720
4	1200	9	1850
5	1330	10	1970

启动发动机后, 发动机油门旋钮的位置数字可在监控器上显示出来。如果显示的不是数字 1~10, 则说明发动机有别的故障。

⑤ 低速开关。低速开关 24 位于右操纵杆的顶端。在各操纵杆位于空挡位置时, 按下低速开关 24, 发动机转速会自动降低, CAT320 型挖掘机降至 940 r/min, CAT325 型挖掘机降至 950 r/min, CAT330 型挖掘机降至 850 r/min。以上转速都比 AEC 调定的转速低。

⑥ 行走压力开关和工作装置/回转压力开关。当行走操纵杆不动作、不要求液压泵供油时, 行走压力开关 17 断开; 当工作装置/回转控制阀不动作、不要求液压泵供油时, 工作装置/回转压力开关 18 断开, 控制器会自动控制发动机转速自动控制系统 (AEC), 自动降低发动机转速。

⑦ 发动机冷却液温度传感器、液压油温度传感器和燃油油位传感器。发动机冷却液温度传感器 19、液压油温度传感器 20 和燃油油位传感器 21 分别装在发动机、液压油箱和燃油箱上, 其作用是向控制器传送各自的温度信号和油位信号。

⑧ 发动机机油压力开关。发动机机油压力开关 23 装在发动机上, 其作用是向控制器传送机油压力信号。当机油压力不正常的信号从机油压力开关 23 传送到控制器时, 监控器上的功能指示灯和机油压力警告指示器点亮。

⑨ 交流发电机。交流发电机 22 工作时, 会向控制器发出交流发电机发电频率信号, 控制器根据频率信号确定发电机的发电状况。

⑩ 动臂升起压力开关。当动臂操纵杆向升起方向扳到底、而工作方式选择开关位于“动臂优先模式”位置时, 动臂升起压力开关 37 闭合, 微动控制电磁阀 25 通电, 使上泵的油全部流向动臂油缸, 即使进行动臂和斗杆复合动作, 动臂也能快速升起。

⑪ 钥匙启动开关。当钥匙启动开关 3 转到 ON 或 START (启动) 位置时, 电压信号送到控制器, 此时控制器已准备好驱动各种电子控制装置。当钥匙启动开关 3 位于 OFF 位置或电路断开时, 没有电压信号送到控制器, 此时控制器不起作用。控制器还可以利用电压信号确定蓄电池的充电情况。

(2) 控制器输出元件。

控制器对来自输入元件的各种信号进行处理后, 向有关输出元件发出信号; 输出元件接收控制发动机转速和主泵输出功率的信号, 并为司机提供挖掘机的工作情况。

① 调速器 (步进电动机)。当发动机油门旋钮 16 转到 10 个位置中的某个选定位置时, 调速器 13 便移动调速器杆, 使发动机转速与发动机油门旋钮对应的转速一致。

② 比例减压阀。控制器对动力模式选择开关的位置信号和发动机转速信号进行处理后,向比例减压阀15发出电流信号,用来改变控制主泵的功率变换压力,调整主泵的输出功率,使得该功率与动力模式选择开关选定的位置和发动机转速相对应。

③ 电磁阀。监控器1上的动力模式选择开关控制微动控制电磁阀25和回转优先电磁阀26。微动控制电磁阀25可使微动控制更精细,回转优先电磁阀26的作用是对挖沟作业进行精细控制。行走速度开关的作用是转换挖掘机的高/低速行走速度。当行走速度电磁阀27接通时,行走速度被确定。

④ 监控器。监控器1可以告诉操作人员以下各项是否出现问题:a. 发动机冷却液温度;b. 液压油温度;c. 燃油油面高度;d. 发动机机油压力;e. 发电机充电频率和电压;f. 控制器控制情况;g. 机械方面。

当监控器出现问题或控制器2与监控器1之间的数字电路出现问题时,监控器的警告指示器会点亮。

为了区别不同的问题,警告指示器以红、黄、绿3种不同颜色的灯光进行显示:

- a. 黄灯亮时,表示监控器与控制器之间的数字电路有问题或者监控器无信号;
- b. 红灯以闪烁形式点亮时,表明监控器已查出CPU有问题;
- c. 红灯连续亮时,表示控制器有问题;
- d. 绿灯亮时,表示控制器正常。

⑤ 报警器。当发动机机油压力降至不正常值时,报警器28发出声响。

⑥ 行走报警器。当挖掘机行走时,行走报警器29发出声响。

⑦ 电子控制元件。电子控制元件包括刮水器31、清洗器32、底盘灯33和动臂灯34,它们都由控制器控制。

(3) 备用系统元件。

电子控制系统装有主泵备用开关14和调速器备用开关9,这两个开关的作用是:当控制器出现问题时,操纵此开关,可防止发动机熄火。

扳动主泵备用开关14至慢速位置,切断控制器与比例减压阀的连接电路,此时主泵的输入功率将减少到最大功率的15%~40%。

扳动调速器备用开关9到人工控制(“MAN”)位置,切断控制器和调速器之间的电路,而接通另一条电路,发动机油门旋钮作用失效,此时发动机转速由转速变换开关12控制。

2. 监控系统工作原理

(1) 监控器自我测试。

监控系统如图4-32所示。

在挖掘机工作之前,功能警告器和功能指示器要进行自我检验,检查是否正常,当钥匙启动开关15转到ON位置时,监控器电源接通。此时,监控器20上所有的显示器开始发光约2.5s,而功能报警器发出声响约1.5s。

(2) 发动机冷却液温度。

冷却液温度传感器12通过控制器的9号插脚,向控制器输入信号。当发动机冷却液温度达到极限值时,控制器向控制器与监控器之间的数字电路提供信号;当发动机冷却液温度达到105℃时,发动机冷却液温度警告指示器6和功能指示灯21将点亮。

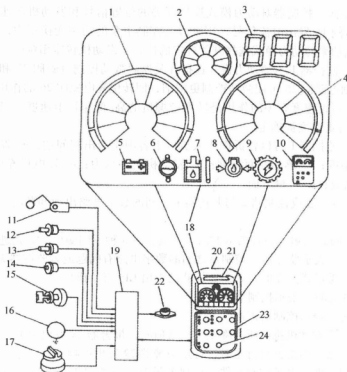


图 4-32 监控系统图

1-发动机冷却液温度表；2-燃油表；3-数字显示屏；4-液压油温度表；5-充电警告指示器；6-发动机冷却液温度警告指示器；7-液压油温度警告指示器；8-发动机机油压力警告指示器；9-控制器警告指示器；10-监控器警告指示器；11-燃油油位传感器；12-发动机冷却液温度传感器；13-液压油温度传感器；14-发动机机油压力开关；15-钥匙启动开关；16-交流发电机；17-发动机油门旋钮；18-监控器面板；19-控制器；20-监控器；21-功能指示灯；22-功能警告器；23-开关面板；24-警告消除开关

(3) 液压油温度。

液压油温度传感器 13 通过控制器的 10 号插脚，向控制器输入信号。当液压油温度达到 95℃ 时，控制器向控制器与监控器之间的数字电路提供信号，液压油温度警告指示器 7 和功能指示灯 21 点亮。

(4) 机油压力。

挖掘机功能警告器电路图如图 4-33 所示。

当机油压力不正常的信号从机油压力开关传送到控制器时，功能指示灯和机油压力警告指示器点亮，信号传递过程为：机油压力开关→连接器的 1 号插脚→控制器 30 的 18 号插脚→控制器。

(5) 充电。

交流发电机 16 的接线柱的充电电压通过保险丝 31 和钥匙启动开关 15 接线柱 B/R 至控制器 32 的 13 号插脚。当充电电压不正常（23～32 V）的时间超过 30 s 时，充电警告器指示器点亮。

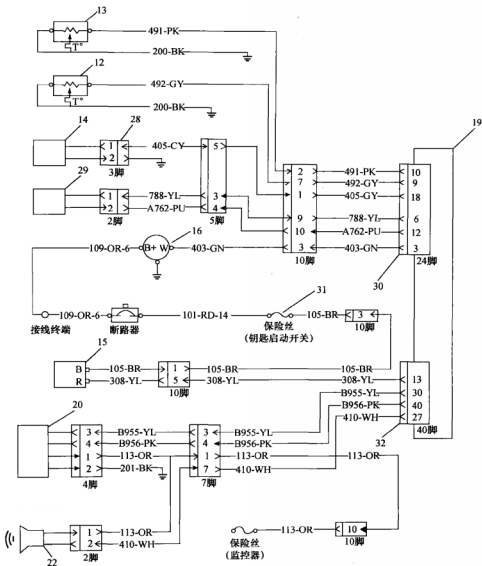


图 4-33 CAT320 型挖掘机功能警告器电路图（与图 4-22 对应）

12-发动机冷却液温度传感器；13-液压油温度传感器；14-发动机机油压力开关；15-钥匙启动开关；16-交流发电机；19-控制器；20-监控器；22-功能警告器；28-连接器；29-发动机转速传感器；30-控制器（24脚连接器）；31-保险丝；32-控制器（40脚连接器）

（6）监控器。

当监控器 20 或监控器 20 与控制器 19 之间的数字电路有问题时，监控器警告指示器闪亮；当控制器警告指示器亮时，监控器指示器也可能亮。

3. 监控系统常见故障编码

CAT320 型挖掘机监控系统的故障用故障码表示,其故障及对应的故障码参见表 4-2。

表 4-2 卡特彼勒 CAT320 型挖掘机电子控制系统故障码

故障码	说明	故障码	说明
F00	无故障	E17	比例减压阀电路与蓄电池短路
E1	发动机机油压力太低	E18	比例减压阀电路断路
E2	发动机冷却液温度太高	E25	发动机冷却液温度传感器电路与机体短路
E3	液压油温度太高	E27	液压油温度传感器电路与机体短路
E4	蓄电池电压太高	E31	控制器接受到的发动机转速信息与发动机油门旋钮对应的转速不同
E5	交流发电机接线柱 W 断开	E32	发动机油门旋钮对应的转速与实际转速之间相差大于 100 r/min
E6	发动机转速传感器安装不正确或其电路断开	E33	数字输出电路与蓄电池短路
E7	发动机转速不正常	E34	发动机油门旋钮转动 2.5 s 后,调速器不动
E9	调速器,电位器的电压太低	E36	监控器对控制器的信号反应慢
E10	调速器,电位器短路或断路	E37	监控器 RAM 不正常
E11	调速器,电位器线路短路	E38	监控器向控制器发出错误信号
E12	调速器,电位器电压不稳	E39	控制器自我检查的信号错误
E13	调速器电动机电路短路	E40	控制器记忆错误
E14	调速器电动机不转	E41	安装的控制器与该机型不符,或线束号有问题
E15	调速器备用开关在 MAN 位置或调速器电动机电路断路	E48	发动机失速
E16	比例减压阀电路与机体短路		

4.2.3 电气辅助系统

如图 4-34 所示,电气系统由电源电路 3、启动/停车电路 18、充电电路 28 和低电流电路 7 等组成。

1. 电源电路

电源电路的作用是向各电气元件供电,即向蓄电池 2、断电开关 1、电路断电器 4 和主继电器 5 供电。

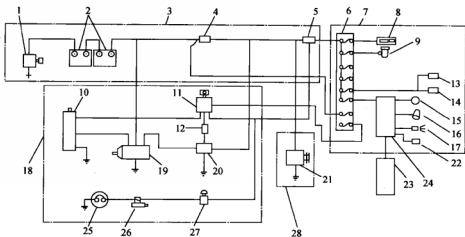


图 4-34 电气系统电路简图

1-断电开关；2-蓄电池；3-电源电路；4-电路断路器；5-主继电器；6-保险丝盒；7-低电流电路；8-收音机；9-点烟器；10-停车电磁阀；11-钥匙启动开关；12-空挡开关；13-驾驶室暖气；14-空调；15-照明灯；16-刮水器；17-清洗器；18-启动/停车电路；19-启动电动机；20-启动继电器；21-交流发电机；22-喇叭；23-控制；24-继电器箱；25-发动机冷却液温度开关；26-启动助力电磁阀；27-启动助力开关；28-充电电路

2. 启动/停车电路

该电路的作用是启动/停止发动机，其包括：启动电动机 19、启动继电器 20、钥匙启动开关 11、停车电磁阀 10 和空挡开关 12。如果有启动助力装置，电路中还有启动助力开关 27、启动助力电磁阀 26 和发动机冷却液温度开关 25。

3. 充电电路

充电电路利用交流发电机 21，在发动机工作期间，向蓄电池 2 充电，并且通过保险丝盒 6 向低电流电路 7 供电，其包括：低电流电路、灯光电路、刮水器/清洗器电路、收音机电路、点烟器电路、空调电路、喇叭电路等。



问题思考

1. 对照实物找出 SY200 型挖掘机电气控制系统主要电气控制元件。
2. 分析转速传感器、压力传感器、步进电动机在电控系统中的作用。
3. 对照实物画出 SY200 型挖掘机电气控制系统功率优化系统原理图、柴油机转速控制系统原理图。

第 5 单元

挖掘机整机调试

挖掘机装配完成后，将对整机进行调试并检测各项性能参数，从而检验挖掘机是否达到各项检测标准，产品能否下线。

调试主要包括空载调试和负载调试。

空载调试是为了全面检查设备各系统是否符合要求，以便做好负荷运作的准备。在空载连续运行一段时间后，检查各部件运转是否正常。空载运转后存在的某些故障排除后，若挖掘机能正常可靠地工作，便可进行负载调试。

负载调试是挖掘机按实际工作要求或按设计预定的负载进行工作，检测的主要内容如下：

- (1) 各工作装置的压力；
- (2) 回转制动角、回转启动时间、回转时间、回转支承间隙及回转马达泄漏等；
- (3) 行走速度、行走跑偏、行走自然下降及行走马达泄漏等；
- (4) 工作装置速度（包括动臂、斗杆、铲斗）、时间滞后和各油缸自然沉降量等；
- (5) 复合动作性能等。

整机性能检测内容及标准值可参考各生产厂家提供的整机性能检测表。

负载调试应注意不要立即按最大负载进行试运转，而应在低于最大负载一二个档次进行试运转。如果一切正常，再按最大负载运行，这样可以避免出现设备损坏等事故。

调试过程中如发现问题应及时排除。

调试后，技术人员应整理好调试记录、各种参数检测报告、产品合格证等技术资料。经过核准，纳入技术档案，作为挖掘机原始技术依据。

本单元选取 SY200 型挖掘机整机调试和 DH225LC-7 型挖掘机部分性能参数检测作为训练项目。

项目 5.1 SY200 型挖掘机整机调试

项目 5.2 DH225 型挖掘机整机性能检测

项目 5.1 SY200 型挖掘机整机调试



教学目标

1. 知识目标

- (1) 熟悉整机调试的作用。
- (2) 掌握 SY200 型挖掘机整机调试基本原理。

2. 能力目标

- (1) 能够辅助完成 SY200 型挖掘机调试。
- (2) 能够完成调试过程中出现的简单故障处理。



相关知识

对挖掘机进行运转调试前需要做好调试前的准备工作。

(1) 熟悉挖掘机的工作性能。阅读研究挖掘机的使用说明书及调试工艺,全面了解挖掘机的结构、性能、使用要求和操作方法。

(2) 熟悉挖掘机机械、电气、液压之间的相互关系。

(3) 熟悉挖掘机各种油品的牌号和要求,严格按照所要求的油品准备油料。

(4) 每项测量方法力求简便可靠,并要考虑有无发生设备事故和人身事故的可能性,事先采取可靠措施,杜绝事故发生。

(5) 准备好调试测量工具、仪表等。

(6) 外观检查。主要检查各部位是否清理干净,各主要部件连接是否正确可靠,所用油液是否符合要求,油箱中油位是否合适,机械传动部位的润滑调整是否符合要求等。

如发现问题,应马上消除,否则不得进行调试运转。



项目实施

本项目选用 SY200 型挖掘机作为实训设备。

第一步: 发动机启动并检查。

(1) 检查驾驶室。

检查驾驶室整机玻璃是否划伤, 是否有杂物在驾驶室, 从显示屏上读出开机时间和交机时间。

(2) 检查液位。

检查机油油位、回转机构齿轮油油位、散热器冷冻液液位、燃油油位、液压油油位。

(3) 拆中盖板。

将中盖板从上车架上分解下来。

(4) 发动机启动。

启动发动机，试验点火开关的可靠性和灵活性，调试显示屏各功能是否齐全。

(5) 启动后检查。

检查发动机排气颜色和声音是否异常、燃油管路各管接头、结合面和密封处是否渗漏。

(6) 测压。

测量先导压力和主泵压力。

第二步：性能检查。

(1) 性能测试。

① 测量液压油温度和散热器水箱中的水温。

② 测量发动机的转速。

③ 测量工作装置伸长、收缩速度。

④ 测量行走、回转速度。

(2) 清洗挖掘机。

用水枪冲洗各管接头、液压管路和液压元器件。

第三步：行走系统、回转系统调试。

(1) 行走系统调试。

① 检查高、低速行走转换是否正常。

② 行走制动调试。

③ 测量挖掘机直线行走偏移量。

④ 转向调试。

⑤ 检查履带张紧度。

⑥ 检查支重轮和托链轮是否漏油。

(2) 回转系统调试。

快速回转 360° 、 180° ，然后再慢速回转，观察回转是否发抖和卡滞。

第四步：斗杆和动臂油缸大小腔憋压。

(1) 憋压。

① 动臂油缸大小腔各 200 次以上。

② 斗杆油缸大小腔各 200 次以上。

(2) 憋压后检查。

对斗杆和动臂液压回路各管接头、液压管路及液压元器件进行检查，检查有无渗漏。

(3) 空调功能调试。

① 空调能否制冷、制热。

② 空调面板按键是否失效。

③ 各出风口是否按指示方向出风。

第五步：回转马达和铲斗油缸憋压。

(1) 憋压。

① 铲斗油缸大小腔各 200 次以上。

② 左右回转各 200 次以上。

(2) 憋压后检查。

对回转马达和铲斗回路各管接头、液压管路及液压元器件进行检查，检查有无渗漏。

(3) 收音机及音箱功能调试。

① 收音机能否收 8 个台。

② 左、右扬声器是否大于 93 分贝。

③ 收音机各旋钮、开关是否正常。

④ 收音机各按钮功能是否正常。

第六步：行走马达憋压。

(1) 憋压。

行走前进、后退各 200 次以上。

(2) 憋压后检查。

对行走马达各管接头、液压管路及液压元器件进行检查，检查有无渗漏。

(3) 检查显示屏功能。

① 各按键是否正常。

② 发动机信号栏内容是否显示正常。

③ 油门机构信号栏内容是否显示正常。

④ 先导压力信号栏内容是否显示正常。

⑤ 主网信号栏内容是否显示正常。

第七步：运行工作装置和空斗试挖。

(1) 运行工作装置。

工作装置及各油缸缓慢运行 5 min，然后快速运行 5 min。

(2) 空斗试挖。

分别在 H、S、L 模式下对动臂、斗杆和铲斗进行动作调试，动作由快到慢。

(3) 复合动作调试。

斗杆、铲斗回收，动臂油缸下降到铲斗油缸销着地，测试回转加提升动臂复合动作性能。

(4) 回转制动调试。

发动机高速空转，斗杆垂直地面，铲斗底部平行地面，与地面距离 0.5m，高速回转后紧急刹车。

第八步：整机检查。

(1) 整机检查。

检查液压系统是否漏油，检查回转机构是否漏油，检查回转支撑是否漏油，检查导向轮槽口是否漏油，检查液压油箱及油位计是否漏油，检查液压油箱散热器是否循环工作，检查驱动轮是否偏磨，检查蓄能器功能是否正常，检查黄油嘴是否漏黄油，检查压力继电

器是否漏油，检查硅油减震器是否漏油，检查蓄能器是否松动漏油，检查上、下层座椅导轨每齿是否能轻松卡住，检查门、窗、锁、插销、活动挡风玻璃是否完好、操作灵活，检查发动机进水管是否漏水，检查柴油机各进气系统胶管卡箍是否拧紧。

(2) 装中盖板。

将中盖板按原位装到上车架。

(3) 调试工作装置自然沉降量。

测试状态为：斗齿负荷 1620 kg、油温 45 ~ 55℃、斗杆油缸距离完全回收 50 ~ 100 mm、铲斗油缸距离完全伸出状态 50 ~ 100 mm、斗杆距离地面 900 ~ 1500 mm。

项目 5.2 DH225 型挖掘机整机性能检测



教学目标

1. 知识目标

- (1) 进一步熟悉各种测量仪器的使用方法。
- (2) 掌握 DH225 型挖掘机整机调试基本原理。

2. 能力目标

- (1) 能够辅助完成 DH225 型挖掘机各项性能检测。
- (2) 能够完成调试过程中出现的简单故障处理。



项目实施

本项目选用 DH225 型挖掘机作为实训设备。

任务 1 行走速度检测

第一步：检测前的准备。

- (1) 调整履带的下垂度，使两条履带的下垂度相等。
- (2) 找一条平坦、坚固的试验道路，长度为 10 m，在两端还要增加 3~5 m 加速区和减速区。
- (3) 将铲斗保持在离地面 0.3~0.5 m 的高度，斗杆和铲斗都翻入。
- (4) 液压油温度为 $(50 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。

第二步：行走速度检测。

- (1) 对挖掘机低速和高速行走进行检测。
- (2) 选择下列开关位置：发动机控制表盘——最大位置；E 方式开关——OFF；HP 方式开关——OFF；工作方式选择开关——一般用途方式；自动慢车开关——OFF。
- (3) 挖掘机开始行走，在加速区将行走操纵杆推到全行程位置。
- (4) 分别测量中速和高速行走 10 m 时所需时间。
- (5) 在测量向前行走的速度后，将上部回转平台回转 180° ，再测量后退的行走速度。
- (6) 重复步骤 (4) 和步骤 (5)，每个方向各测 3 次，并计算其平均值。

任务 2 行走停车功能检测

行走停车功能检测的目的是在规定的坡道上检查行走停车制动器的功能。

第一步：检测前的准备。

- (1) 试验用的斜坡表面必须平坦，斜度为 11.31° 。
- (2) 在行走减速机构的端盖上用粉笔画一白线记号。
- (3) 铲斗离地 $0.3 \sim 0.5 \text{ m}$ ，斗杆和铲斗完全翻入。
- (4) 液压油温度为 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

第二步：行走停车功能的检测。

- (1) 在快速方式下检测。
- (2) 选择下列开关位置：行走方式开关——快速方式；发动机控制表盘——最大位置；E方式开关——OFF；HP方式开关——OFF；工作方式选择开关——一般用途方式；自动慢车开关——OFF。
 - (3) 检测行走减速机构端盖的角位移，直到施加行走停车制动为止。
 - ① 爬坡，把行走操纵杆置于空挡位置。
 - ② 当行走操纵杆在空挡位置时，记下行走减速机构端盖上所画记号的位置；当挖掘机停止移动时，也记下该记号的位置；然后测量这两个记号之间的角位移。
 - (4) 检测在停放时行走停车制动器的打滑量。
 - ① 爬坡，把行走操纵杆置于空挡位置。
 - ② 发动机熄火。
 - ③ 停车后，在履带链条（或履带板内侧）和行走架上画上对准记号。
 - ④ 5 min 后，测量在履带链条（或履带板）和行走架之间所画记号的移动距离。

任务3 回转速度检测**第一步：检测前的准备。**

- (1) 检查回转齿轮和回转轴承的润滑情况。
- (2) 将挖掘机停在平坦、坚固的地面上，要有足够的空间，不要在斜坡上进行检测。
- (3) 将斗杆伸出，铲斗翻入，让铲斗的连接销与动臂下端销轴在同一高度位置（铲斗是空斗）。
- (4) 液压油温度为 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

第二步：回转速度的检测。

- (1) 选择以下各开关位置：发动机控制表盘——最大位置；E方式开关——OFF；HP方式开关——OFF；工作方式选择开关——一般用途方式；自动慢车开关——OFF。
 - (2) 将回转操纵杆推到全行程位置。
 - (3) 检测同一方向回转3圈所需的时间。
 - (4) 将回转操纵杆推向相反的方向（全行程），检测回转3圈所需要的时间。
 - (5) 重复上述步骤3次，计算平均值。

第 6 单元

挖掘机操作使用和保养

挖掘机主要进行土石方挖掘、装载、土地平整、修坡、吊装、破碎、拆迁、开沟等作业，工作负荷较大，工作环境较为恶劣，设备损耗比较严重。因此规范地操作和使用挖掘机，做好维护保养工作可以减少故障的发生，提高设备利用率，延长机器的使用寿命。

本单元分为 5 个项目。

项目 6.1 熟悉挖掘机驾驶室

项目 6.2 挖掘机基本操作

项目 6.3 挖掘机定检维护

项目 6.4 挖掘机施工作业

项目 6.5 挖掘机的调迁

项目 6.1 熟悉挖掘机驾驶室



教学目标

1. 知识目标

- (1) 熟悉驾驶室各种仪表和仪表的读数范围。
- (2) 掌握驾驶室各种操作杆。

2. 能力目标

- (1) 能够辨别仪表的读数范围。
- (2) 能够规范操纵操作杆。



相关知识

挖掘机驾驶室是挖掘机司机工作的场所，是操纵人员的保护装置。因此在操作之前，必须熟悉驾驶室的构造和驾驶室的各种设施，以便规范、正确的操作。驾驶室内部的设施主要包括各种仪表、显示器、收音机、空调的控制开关以及操作控制杆等。如图 6-1 所示为 SY200 型挖掘机驾驶室内部设施布置图。

各行走操作杆和行走踏板的作用在本章项目 6.2 中介绍。

如图 6-2 所示，通过挖掘机的显示器上的各种仪表可以确定挖掘机的工作情况，如冷却水温，燃油油位机油压力和工作小时等；通过模式选择可以确定挖掘机的作业方式等。

1. 冷却水温度表

冷却水温度表指示发动机冷却水温度，低于 97℃ 范围表示冷却水温度正常。操作时，指针应处于绿色。

2. 燃油表

燃油表指示燃油油量，在燃油指示表进入红色区域前要添加燃油。

3. 机油压力表

机油压力表随时监控发动机的机油压力。操作时，指针应处于绿色。

4. 模式选择

通过显示器上的模式按钮能实现 4 种工作模式的控制：H 模式为重负荷作业模式，S 模式为标准作业模式，L 模式为轻负荷作业模式，B 模式为破碎器作业模式。

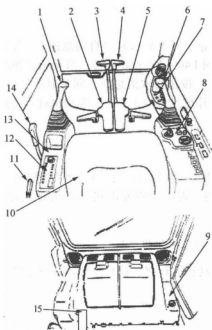


图 6-1 挖掘机驾驶室内部图

1-左侧控制杆/二次增压（在操作杆上部）；2-左行走踏板；3-左行走操作杆；4-右行走操作杆；5-右行走踏板；6-右侧控制杆（喇叭在操作杆上部）；7-控制仪表；8-右侧控制仪表盘；9-收音机仪表盘；10-操作座椅；11-驾驶室门释放杆；12-空调控制面板；13-操纵箱；14-先导控制开关（安全操纵杆）；15-保险丝盒

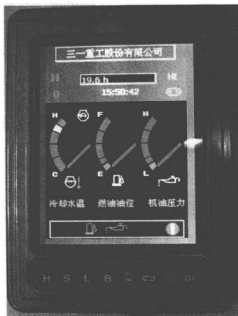


图 6-2 挖掘机显示器画面

5. 自动怠速开关

自动怠速有效时,即在显示屏上显示为“自动怠速”,当系统液压操纵杆回中位时间超过5s后,发动机自动降到 1400 ± 50 rpm 运转;当开始工作时,发动机立即恢复至原调节的转速。按下“自动怠速”按钮将取消怠速,同时显示屏上显示“取消怠速”。“自动怠速”状态下,在需短时间停歇操作的工作中,发动机进入怠速运转状态,可以达到节省燃油的目的。

6. 发电机指示灯

当钥匙开关在接通位置时,该指示灯亮;当发动机运转时,发电机正常发电时,该指示灯熄灭;如果该灯一直亮,则应检查发电机是否出现故障。该灯位置如图6-3箭头所示。

7. 油门旋钮(如图6-3右边旋钮所示)

用油门旋钮可以调节发动机的转速,顺时针转动可增加发动机转速,逆时针转动可降低发动机转速。

8. 启动钥匙开关

该开关如图6-4所示。OFF表示电源关闭,ON表示电源打开,START表示发动机启动。

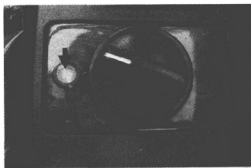


图6-3 挖掘机油门旋钮及发电机指示灯

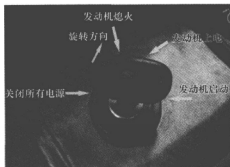


图6-4 挖掘机启动钥匙开关

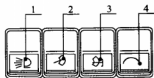


图6-5 挖掘机开关面板

1-工作灯开关; 2-雨刮器开关; 3-喷水器按钮; 4-发动机空气预热开关

9. 雨刮器及开关

挖掘机开关面板如图6-5所示。

下雨或前窗玻璃较脏,打开雨刮器开关进行擦洗。使用雨刮器时,要先按下洗涤器开关喷出一定量的洗涤剂,防止干摩擦损坏雨刮器。

按下工作灯开关,工作灯亮。工作灯包括动臂上2盏工作灯和右平台1盏工作灯。

10. 先导控制开关杆

先导控制开关杆的功能是防止在操作者上下机器时机器被误操作。先导控制开关杆如图 6-6 所示。



图 6-6 挖掘机先导控制开关杆

如果没有把先导控制开关杆完全地拉到锁住位置，先导控制就不会被切断。在离开操作座椅时，必须先把先导控制开关杆拉到锁住位置上，然后关闭发动机。在运输机器时，或在完成一天的工作后，也要把先导控制开关杆拉到锁住位置上。在启动发动机之前，也要确认先导控制开关杆处于锁住位置，否则发动机无法启动。

11. 空调

通过操作空调可以调节驾驶内的温度，以达到驾驶员舒适地操作挖掘机的目的。如图 6-7 所示为空调控制面板图所示。

需要注意的是，空调系统必须在发动机启动后才能使用；发动机停止后，应将电源开关关闭。在春、秋或冬季，因不使用空调整冷，必须每隔一周启动制冷运转 5 min 左右，以防止系统内运动部件因长期不用而锈蚀。因供暖系统与水箱相通，当环境温度低于 0℃，长时间停止使用时，水箱须放水，或加防冻液，以防止加热器的铜管冻裂。

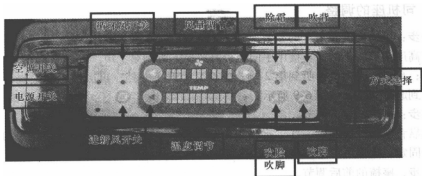


图 6-7 挖掘机空调控制面板

12. 收音机

操作挖掘机时可以打开收音机收听节目，如图 6-8 所示为收音机控制面板图。



图 6-8 挖掘机收音机控制面板



项目实施

本项目选用 SY200 型挖掘机作为实训设备。

任务 1 挖掘机驾驶室认知

第一步：指出水温表、机油压力表、怠速选择开关、油门旋钮的位置和作用。

第二步：操作显示器，选择挖掘机的工作模式为标准作业模式。

第三步：指出先导控制杆的位置和先导控制杆的作用。

任务 2 司机座的调整

第一步：座椅高度和角度的调节。

座椅高度调节为 3 挡。直接用手向上提升座椅，听到第 1 声“咔哒”后松手，座椅上升了一挡；再用手向上提升听到第 2 响，座椅又上升了一挡；再次用手向上提升后松开，座椅恢复到起始状态，如图 6-9 所示。

第二步：座椅的靠背调节。

拉起靠背下部左边的调节杆，直接用力前/后调节靠背到合适的角度，松开调节杆后靠背自动固定；这样可以调整获得合适的座椅靠背角度。

第三步：座椅的前后调节。

坐到座椅上，拉起坐凳前的调节杆，前后推拉坐凳，调节到合适的位置，松开调节杆，坐凳固定，如图 6-10 所示。

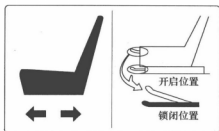


图 6-9 座椅高度和角度调节

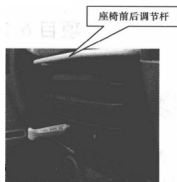


图 6-10 座椅前后调节

座椅前后位置调节采用双层滑轨控制，前后行程达 200 mm；可以根据司机的体形，调节座椅的前后位置，达到适合司机舒适地操纵机器做各种动作。

第四步：扶手调节。

如图 6-11 所示，用手将扶手拉到垂直位置上，以便上、下机器。转动扶手 1 底部的调节转盘 2 将扶手的角度调到想要的位置上。

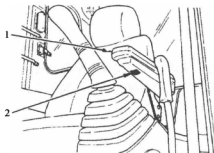


图 6-11 扶手调节

1-扶手；2-调节转盘

第五步：承重调节。

调节座椅下部的承重调节盘，调整到与自己体重相符的刻度。

项目 6.2 挖掘机基本操作



教学目标

1. 知识目标

- (1) 掌握履带式挖掘机启动前后的注意事项。
- (2) 掌握低温情况下挖掘机的启动方法。
- (3) 掌握挖掘机行驶、转向原理。

2. 能力目标

- (1) 能够正确启动挖掘机。
- (2) 能够操作工作装置。
- (3) 能够操作挖掘机的行驶和转向。



相关知识

挖掘机的操作必须规范、正确，才能确保安全和高效，因此在施工时必须熟悉挖掘机的启动、行驶、工作装置的操纵和挖掘机的驻停等操作方法。



项目实施

本项目采用整机质量 20 吨挖掘机作为实训设备。

任务 1 发动机启动

第一步：发动机启动前检查。

(1) 检查机油液面、冷却液液面、燃油液面、液压油液面、水箱散热器水位是否正常（在油标尺刻度之间）。

(2) 检查电气系统所有开关的功能、照明、保险丝盒等是否正常。

(3) 检查工作装置和液压部件的情况是否正常。

(4) 检查各关键部位（行走马达、回转马达、回转支承、配重、中心回转、履带板、主泵、发动机、油箱、散热器等重要部件）的螺丝是否松动。

(5) 检查调整发动机、空调皮带、履带的张紧度。

(6) 散热器是否堵塞（堵塞则需清洗）。

以上检查都必须正常，否则不得开机；直到排除故障或达到规定要求，复检正常

为止。

第二步：发动机启动前的保养。

发动机启动前，必须对工作装置连接销（包括：铲斗和连杆的销轴、动臂基部销轴、动臂油缸底部销轴、动臂和斗杆的连接销、斗杆油缸活塞连接销和铲斗油缸底销、动臂油缸活塞杆连接销和斗杆油缸底销）和回转支撑加注润滑脂。

第三步：发动机启动。

（1）将钥匙开关转至运行挡位置。

（2）转钥匙开关到启动位置，启动发动机。释放钥匙，开关将回到运行挡位置。为避免启动器的损坏，每次启动操作不可超过 10 s。如果发动机不能启动，释放钥匙，等 30 s 以上再试。

第四步：发动机启动后检查。

（1）检查发动机有无任何噪声和振动。

（2）检查机油、燃油、冷却水有无泄漏。

（3）发动机启动后不应立即加大油门，在天气冷时要怠速运行 5～10 min，再逐渐加大油门。

任务2 低温下发动机启动

第一步：启动前准备工作。

在寒冷的气候条件下，发动机变得不容易启动，燃油可能会冻结，液压油的黏度会增大。因此要将润滑油、燃油、液压油等换成低黏度的。

第二步：启动发动机前的预热。

（1）按下预热开关。

（2）预热 10 s 后，启动发动机。

（3）启动发动机后，检查各仪表及指示灯是否正常。

第三步：工作前对机器的预热。

（1）启动发动机后，取消自动怠速模式，调整油门旋钮，让发动机空载在低速状态（1200 r/min 左右）运转 5 min 左右。

（2）调整油门旋钮让发动机中速运转（1500 r/min 左右），然后缓慢、来回操作铲斗 5 min。

注意：不要操作除铲斗外的其他执行机构。

（3）调整油门旋钮让发动机高速运转（1950 r/min），操作动臂、斗杆、铲斗 5～10 min。

注意：只操作动臂、斗杆、铲斗，不要操作回转和行走。

对挖掘机的各个动作进行几次完整的操作，机器的预热圆满结束，可以正常工作。

任务3 挖掘机行驶

标准的行走位置是：导向轮在机器的前部，行走马达在后部。如果行走马达在机器的前部，行走踏板的控制将起相反作用。

控制行走可使用行使操纵杆或脚踏板，操纵杆与脚踏板之间用螺栓固连，可任选其中一种。

第一步：直线行走。

行走示意图如图 6-12 所示。

- (1) 踏下两踏板的前部或推两操作杆往前，机械往前走。
- (2) 踏下两踏板的后部或拉两操作杆往后，机械往后走。
- (3) 当行走踏板或行走操作杆在中位时，行走制动器会自动地刹车。

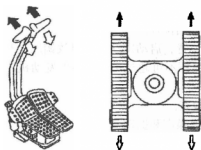


图 6-12 挖掘机直线行走示意图

第二步：转向。

转向示意图如图 6-13 和图 6-14 所示。

- (1) 右转：踏下左踏板前部或推左操纵杆向前。
- (2) 左转：踏下右踏板前部或推右操纵杆向前。
- (3) 自旋转：踏下其中一个踏板的前部和另一个踏板的后部，或将其中一个操作杆往前推，并将另一个操作杆往后拉。

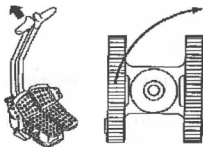


图 6-13 挖掘机向右转向示意图

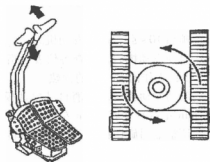


图 6-14 挖掘机原地转向示意图

第三步：行走速度控制。

按压右控制开关中的行走速度控制开关来选择低速挡和高速挡。

第四步：行走制动。

缓慢松开操纵杆即可使操纵杆自动回复中心位置，此时行走制动器对挖掘机进行制动，使挖掘机停止运动。

任务 4 挖掘机回转和铲斗工作装置的操纵

挖掘机的回转和工作装置分别由两个操纵杆控制，操作位置如图 6-15 所示。放开控

制杆后,它将自动地回到中立位置,机器功能将停止。对角线方向移动操纵杆可同时实现两种功能,做复合动作。

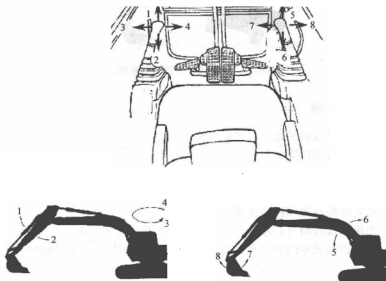


图 6-15 挖掘机回转和工作装置操纵示意图

1-斗杆卷出; 2-斗杆卷入; 3-左方旋转; 4-右方旋转;
5-动臂降低; 6-动臂提升; 7-铲斗卷入; 8-铲斗卷出

第一步: 单一动作的操作。

- (1) 将右操纵杆向前、后方向移动实现动臂的提升和下降。
- (2) 使铲斗离开地面一定高度, 将左操纵杆向前、后方向移动实现斗杆的卷入和卷出。
- (3) 使铲斗离开地面一定高度, 将右操纵杆向左、右方向移动实现铲斗的卷入和卷出。
- (4) 使铲斗离开地面一定高度, 将左操纵杆向左、右方向移动实现挖掘机转台的左、右旋转。

第二步: 复合动作的操作。

- (1) 使铲斗离开地面一定高度, 将右操纵杆向右上方对角线方向移动同时实现动臂的下降和铲斗的卷出。
- (2) 使铲斗离开地面一定高度, 将左操纵杆向左上方对角线方向移动同时实现斗杆卷出和转台向左旋转。

第三步: 技巧操作 (提升履带, 如图 6-16 所示)。

- (1) 将动臂和斗杆之间的角度保持在 90° 至 110° 之间。
- (2) 旋转上部平台 90° 。
- (3) 降下铲斗来提升履带离开地面, 并将铲斗的圆弧部位放置于地面。
- (4) 在行走架底部放置砖块以支持机械。
- (5) 以前后转动被提升的履带来除掉履带的泥土和灰尘。



图 6-16 挖掘机提升履带示意图

任务5 挖掘机的驻停

第一步：将机械停放在平地上，将铲斗降至地面。

第二步：将发动机转速降至怠速。

第三步：以怠速运转发动机 3 min。

第四步：转动钥匙点火开关至断开以停止发动机，从开关上取下钥匙。

第五步：将先导控制关闭杆拉至锁紧位置。

第六步：当机器长时间（1 天以上）不工作时，断开电源开关。

第七步：为保护驾驶室內的电器元件避免受坏天气的影响，关闭窗户、车顶通风窗、驾驶室门等。

项目 6.3 挖掘机定检维护



教学目标

1. 知识目标

- (1) 掌握挖掘机定检维护的内容和实施要求。
- (2) 掌握挖掘机各级维护的技术要点。

2. 能力目标

- (1) 能够根据运行记录确定挖掘机的维护保养项目。
- (2) 能够协助完成挖掘机的各级维护作业项目。



相关知识

挖掘机的作业环境恶劣，工作负荷大，机械损耗较大，因此定期对挖掘机进行检查与维护保养可以减少机器的故障，延长机器使用寿命，缩短机器的停机时间，提高工作效率，降低作业成本。

以柳工生产的 CLG920 型挖掘机为例，挖掘机的定期检查与维护保养分为日常维护（每天作业前后的检查与维护）、每 100 h 保养项目、每 250 h 保养项目、每 500 h 保养项目、每 1000 h 保养项目、每 2000 h 保养项目、每 4000 h 以上的保养和长期存放等。

1. 日常维护

检查冷却水水位、发动机油底壳中机油油位、液压油箱油位、燃油箱油位，排放燃料箱贮槽污物，检查燃油水分离器、排尽水及沉淀物，润滑工作装置连接销，清扫空气滤清器外部滤芯，检查铲斗齿的磨损和松弛等。

2. 每 100 h 保养项目

润滑动臂缸缸头销轴，动臂销，动臂缸缸杆端，斗杆缸缸头销轴，动臂、斗杆连接销，斗杆缸缸杆端，铲斗缸缸头销轴，斗杆、铲斗缸缸杆端，铲斗缸缸头销轴，斗杆连杆连接销；检查回转机构箱内的油位（加机油）；从燃油箱中排出水和沉淀物。

3. 每 250 h 保养项目

检查终传动箱内的油位（加齿轮油）；检查蓄电池电解液；更换发动机油底壳中的油，更换发动机滤芯；润滑回转支承（2 处）；检查风扇皮带的张紧度，并检查空调压缩机皮带的张紧度，并作调整。

4. 每 500 h 保养项目

同时进行每 100 h 和 250 h 保养项目, 更换燃油滤芯, 检查回转小齿轮润滑脂的高度 (加润滑脂), 检查和清洗散热器散热片、油冷却器散热片和冷凝器散热片, 更换液压油滤芯, 更换终传动箱内的油 (仅首次在 500 h 时进行, 以后 1000 h 一次), 清洗空调器系统内部和外部的空气滤芯, 更换液压油通气口滤芯。

5. 每 1000 h 保养项目

同时进行每 100 h、250 h 和 500 h 保养项目, 更换回转机构箱内的油, 检查减振器壳体的油位 (回机油), 检查涡轮增压器的所有紧固件, 检查涡轮增压器转子的游隙, 发电机皮带张紧度的检查及更换, 更换防腐滤芯, 更换终传动箱内的油。

6. 每 2000 h 保养项目

先完成每 100 h、250 h、500 h 和 1000 h 的保养项目; 清洗液压油箱滤网; 清洗、检查涡轮增压器; 检查发电机, 启动电动机; 检查发动机气门间隙 (并调整); 检查减振器。

7. 4000 h 以上的保养

每 4000 h 增加对水泵的检查; 每 5000 h 增加更换液压油的项目。

8. 破碎器的保养

(1) 在破碎器最初工作的 10 ~ 15 h 后, 必须检查所有的螺栓及螺母的紧固扭矩值, 且每天工作后应检查螺栓及螺母是否松动。

(2) 当班作业期间, 应每隔 2 ~ 3 h 用黄油润滑钎杆。

(3) 持续使用破碎器, 应每隔 1000 h 更换全车液压油; 每隔 100 h 更换液压油回油滤清器、先导滤清器。

(4) 每隔 600 h 的作业后应更换所有的破碎器密封件。

(5) 每隔 100 ~ 150 h 作业后, 应更换钎杆销与钎杆的接触面。

(6) 钎杆与前套盖之间间隙变大时应及时更换前套盖, 以免磨损加剧损坏其他部件。一般持续使用破碎器 3 个月以上应该考虑更换前套盖。

(7) 零部件应使用厂家生产的纯正品。

9. 长期存放

机器长期存放时, 为防止液压缸活塞杆生锈, 应把工作装置着地放置; 整机洗净并干燥后存放在室内干燥的环境中; 如条件上所限只能在室外存放时, 应把机器停放在排水良好的水泥地面上; 存放前加满燃油箱, 润滑各部位, 更换液压油和机油, 液压缸活塞杆外露的金属表面涂一薄层黄油, 拆下蓄电池的负极接线端子, 或将蓄电池卸下单独存放; 根据最低环境温度在冷却水中加入适当比例的防冻液; 每月启动发动机一次并操作机器, 以便润滑各运动部件, 同时给蓄电池充电; 打开空调制冷运转 5 ~ 10 min。



项目实现

进行挖掘机维护保养时要做好以下准备工作：

- (1) 将挖掘机停放在平坦的地面；
- (2) 将铲斗降至地面上；
- (3) 停止发动机，并从开关上拿掉钥匙；
- (4) 将先导控制关闭杆拉至锁住位置；
- (5) 在右控制杆上挂上“请勿操作”之标签。

任务1 挖掘机液位检查

第一步：发动机燃油箱油位检查。

第二步：发动机润滑油油位检查。

该操作图示如图 6-17 所示。

(1) 移出油标。油位必须在圆圈记号之间；如果关机之后立即检查，油位必须在操作范围之内。

(2) 如果需要，往注入器里加油。发动机机油加油口示意图如图 6-18 所示。



图 6-17 发动机润滑油油位检查

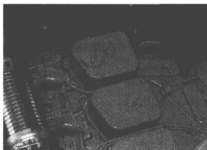


图 6-18 发动机机油加油口示意图

第三步：发动机冷却水水位检查。

该操作图示如图 6-19 所示。

确认发动机已冷却，缓慢地松开盖子到底释放全部压力。在发动机冷却时散热器中的冷却水必须是满的。发动机加水口示意图如图 6-20 所示。



图 6-19 发动机冷却水水位检查



图 6-20 发动机加水口示意图

第四步：液压油油位检查。

液压油油位检查如图 6-21 所示。

- (1) 以斗杆液压缸完全缩回和铲斗液压缸完全伸出状态停放机械。
- (2) 将铲斗降至地面。
- (3) 检查液压油箱上的油位计。液压油必须在油位计刻度中间，否则需要加油。液压油箱加油口示意图如图 6-22 所示。
- (4) 以逆时针缓慢拧松液压油箱盖的空气滤清器，释放系统压力后拧开，添加液压油至正常液位，恢复安装空气滤清器并拧紧。
- (5) 再次检查油位计。



图 6-21 液压油油位检查



图 6-22 液压油箱加油口示意图

任务 2 挖掘机润滑

按图 6-23 ~ 图 6-27 箭头所指部位，加注润滑脂。操作此项任务时要注意以下问题：

- (1) 应选用规定的润滑脂；装润滑脂的油桶应该密闭，以防止水分和灰尘等杂质进入而影响润滑脂的性能；
- (2) 打开油桶前应仔细擦净盖子或塞子附近的污垢；
- (3) 加油时用油泵将润滑脂打入黄油枪中；
- (4) 润滑时先将黄油枪的出油嘴顶住润滑点的黄油嘴，然后加注，以防止润滑脂打到黄油嘴外。



图 6-23 动臂和斗杆油缸连接销润滑点

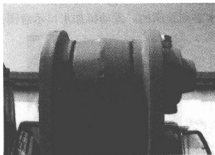


图 6-24 斗杆油缸活塞杆销润滑点

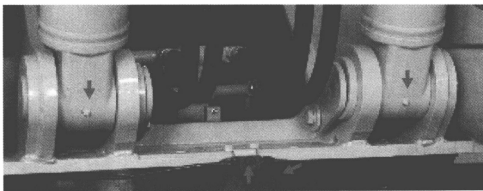


图 6-25 动臂液压缸底销和回转支承润滑点



图 6-26 斗杆、铲斗和连杆连接销润滑点



图 6-27 铲斗油缸缸底销润滑点

项目 6.4 挖掘机施工作业



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解挖掘机选型应考虑的主要因素。
- (2) 掌握挖掘机的基本作业方式。
- (3) 掌握挖掘机的施工方法。
- (4) 掌握提高挖掘机生产率 measures。

2. 能力目标

- (1) 能够合理选择挖掘机的选型。
- (2) 能够根据挖掘机的施工对象选择合理的施工方法。
- (3) 能够操纵挖掘机进行简单的施工作业。



相关知识

挖掘机是土方工程机械中一种用斗状工作装置挖取土壤或其他材料，或用于剥离土层的机械，也是开挖土石方工程的主要机械设备。据统计，土石方工程 60% 的工程量是由挖掘机完成的。挖掘机广泛应用于市政工程、建筑工程、水利工程、矿山和国防等工程的施工中。

挖掘机可进行基坑的挖掘、疏通河道、修筑道路、清理废墟、挖掘水库和河道、剥离表土、开挖矿石等，具有很高的生产率。

反铲挖掘机每一作业循环包括挖掘、回转、卸料和返回等 4 个过程。挖掘时先将铲斗向前伸出，动臂带着铲斗落在工作面上，然后铲斗向着挖掘机方向拉转，铲斗在工作面上挖出一条弧形挖掘带并装满土壤；随后将铲斗连同动臂一起升起，上部转台带动铲斗及动臂回转到卸土处；将铲斗向前推出，使斗口朝下进行卸土；卸土后将动臂及铲斗回转并下放至工作面，准备下一循环的挖掘作业。

6.4.1 挖掘机的选型

挖掘机选型应结合现有设备，主要考虑作业对象、工程量的大小、施工环境和配套车辆等因素。

1. 按施工土方位置选择

当土方在停机面以上时，可以选择正铲挖掘机；当土方在停机面以下时，一般选择反

铲挖掘机；若开挖深沟或基坑，可选择拉铲或抓斗（土壤松软）挖掘机。

2. 按土壤性质选择

挖取水下或潮湿泥土时，应当选用拉铲、抓斗或反铲挖掘机；若土壤比较坚硬或开挖冻土时，应选用重型挖掘机；而装卸松散物料，采用抓斗挖掘最有效。

3. 按土方量大小选择

当土方工程量不大而必须采用挖掘机施工时，可选用机动性能大的轮胎式挖掘机或装载机；而大型土方工程，必须选用大型专用的挖掘机，并可以采用多种机械联合施工，可装较大的石块，有利于提高运输车辆的生产率。

4. 优先选择先进的新型机械

选择施工机械的原则是以本单位现有机械为主；如果另有机械来源，则应根据施工条件和要求优先选择先进的新产品，以提高挖掘生产率，缩短施工期，降低施工成本。

5. 选配联合施工机械

单斗挖掘机与运输车辆配合作业，运输车辆可以是汽车、铁路车辆等形式，在工程施工中通常选用自卸式汽车。运输车辆的选择与总运输量、挖掘机的斗容量和生产率、地形、施工布置和运输距离等因素有关。大型的土石方工程中，当挖掘机与运输机械联合施工时，为保证流水作业连续均衡，提高挖掘和运输机械的总生产率，运输机械的斗容量应是挖掘机斗容量的整数倍，一般选3~5倍。

6.4.2 挖掘机的施工工艺

1. 正铲挖掘机的施工工艺

(1) 适应范围。

正铲挖掘机适用于开挖I~IV类的土、经爆破后的岩石和冻土；土含水量应小于27%，土块粒径应小于斗口宽度的1/3。正铲挖掘力大，生产率高，主要用于开挖停机面以上的土方，工作面的高度一般不小于1.5m，过低一次不易装满铲斗，将降低生产效率。正铲经济挖土高度要合理，开挖高度超过挖土机挖掘高度时，可分层开挖。正铲开挖应配备一定数量的自卸汽车运土，汽车道路应设置在正铲斗回转半径之内，可以在同一平面内，也可略高于正铲的停机面，以便正铲下沟槽挖土。由于正铲不便于转移，故一般用于较大型土方工程。

(2) 施工工艺。

① 开挖方式。正铲挖掘机的挖土特点是“前进向上，强制切土”。根据开挖路线与运输汽车相对位置的不同，一般有以下两种。

A. 正向开挖，侧向装土法。正铲向前进方向挖土，汽车位于正铲的侧向装车，如图6-28(a)、(b)所示。本法铲臂卸土回转角度最小($<90^\circ$)，装车方便，循环时间短，生产效率高，多用于开挖工作面较大而深度不大的边坡、基坑(槽)、沟渠和路堑等，为最常用的开挖方法。

B. 正向开挖，后方装土法。正铲向前进方向挖土，汽车停在正铲的后面，如图6-28

(c) 所示。本法开挖工作面较大,但铲臂卸土回转角度较大(在 180° 左右),且汽车要侧向行车,增加工作循环时间,生产效率降低(回转角度 180° ,效率约降低23%;回转角度 130° ,效率约降低13%),多用于开挖工作面较小且较深的基坑(槽)、管沟和路堑等。

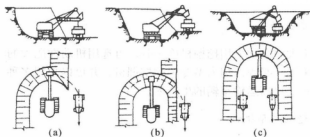


图 6-28 正铲挖掘机开挖方式

(a)、(b) 正向开挖、侧向装土; (c) 正向开挖、后方装土

② 挖土方法。正铲挖掘机的挖土方法多样,主要有以下几种。

A. 分层开挖法。将开挖面按机械的合理高度分为多层开挖,如图 6-29 (a) 所示;当开挖面高度不能成为一次挖掘深度的整数倍时,则可在挖方的边缘或中部先开挖一条浅槽作为挖土运输的线路,如图 6-29 (b) 所示,然后再逐次开挖直至基坑底部。分层开挖法多用于开挖大型基坑或沟渠,工作面高度大于机械挖掘的合理高度时采用。

B. 多层挖土法。将开挖面按机械的合理开挖高度,分为多层同时开挖,以加快开挖速度,土方可以分层运出,亦可分层递送至最上层(或下层),用汽车运出,如图 6-30 所示。但两台挖掘机中,上层挖掘机应先开挖,沿前进方向与下层挖掘机保持 $30 \sim 50$ m 的距离。本法适于开挖高边坡或大型基坑。

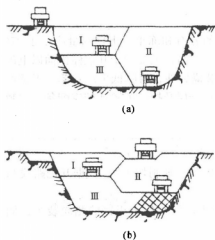


图 6-29 分层挖土法

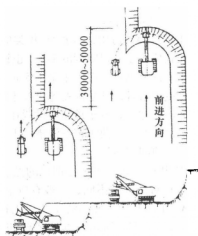


图 6-30 多层挖土法

C. 中心开挖法。正铲先在挖土区的中心开挖,当向前挖至回转角度超过 90° 时,则转向两侧开挖,运土汽车按八字形停放装土,如图6-31所示。本法开挖移位方便,回转角度小($<90^\circ$)。挖土区宽度宜在40m以上,以便于汽车靠近正铲装车。中心开挖法适用于开挖较宽的山坡地段或基坑、沟渠等。

D. 上下轮转换开挖法。先装土层上部1m以下挖入30~40cm,然后再挖土层上部1m厚的土,如此上下轮转换开挖,如图6-32所示。本法挖土阻力小,易装满铲斗,卸土容易;适于土层较高,土质不太硬,铲斗挖掘距离很短时使用。

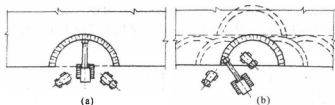


图 6-31 中心开挖法

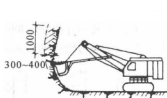


图 6-32 上下轮转换开挖法

E. 顺铲开挖法。正铲挖掘机铲斗从一侧向另一侧,一斗挨一斗地顺序进行开挖,如图6-33所示,每次挖土增加一个自由面,使阻力减小,易于挖掘;也可依据土质的坚硬程度使每次只挖2~3个斗牙位置的土。本法适于土质坚硬,挖土时不易装满铲斗而且装土时间长时采用。

F. 间隔开挖法。即在扇形工作面上第一铲与第二铲之间保留一定距离,如图6-34所示,使铲斗接触土体的摩擦面减少,两侧受力均匀,铲土速度加快,容易装满铲斗,生产效率。间隔开挖法适于开挖土质不太硬、较宽的边坡或基坑、沟渠等。

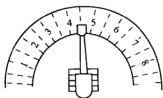


图 6-33 顺铲开挖法

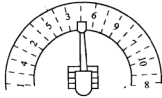


图 6-34 间隔开挖法

2. 反铲挖掘机的施工工艺

(1) 适用范围。

反铲挖掘机适用于开挖Ⅰ~Ⅲ类的砂土或黏土。此类挖掘机主要用于开挖停机面以下深度不大的基坑(槽)或管沟及含水量大的土,最大挖土深度为4~6m,经济合理的挖土深度为1.5~3.0m。对地下水位较高处也适用反铲挖掘机,挖出的土方卸在基坑(槽)、管沟的两边堆放或用推土机推到远处堆放,或配备自卸汽车运走。

(2) 施工工艺。

反铲挖掘机的挖土特点是“后退向下,强制切土”。根据挖掘机的开挖路线与运输汽

车的相对位置不同,一般有以下几种。

① 沟端开挖法。反铲停于沟端,后退挖土,同时往沟一侧弃土或装汽车运走,如图 6-35 (a) 所示。挖掘宽度可不受机械最大挖掘半径的限制,臂杆回转范围仅 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$, 同时可挖到最大深度。对较宽的基坑可采用图 6-35 (b) 所示的方法,其最大一次挖掘宽度为反铲有效挖掘半径的两倍,但汽车须停在机身后面装土,生产效率降低。也可采用几次沟端开挖法完成作业。本法适于一次成沟后退挖土,挖出土方随即运走时采用,或就地取土填筑路基或修筑堤坝等。

② 沟侧开挖法。反铲停于沟侧沿沟边开挖,汽车停在机旁装土或往沟一侧卸土,如图 6-36 所示。本法铲臂回转角度小,能装土弃于距沟边较远的地方,但挖土宽度比挖掘半径小,边坡不好控制,同时机身靠沟边停放,稳定性较差。本法适用于横挖土体和需将土方甩到离沟边较远的距离时使用。

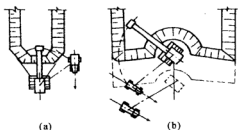


图 6-35 沟端开挖法

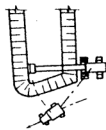
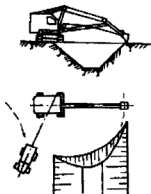
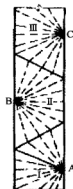


图 6-36 沟侧开挖法

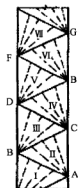
③ 沟角开挖法。反铲位于沟前端的边角上,随着沟槽的掘进,机身沿着沟边往后作“之”字形移动,如图 6-37 所示。臂杆回转角度平均在 45° 左右,机身稳定性好,可挖较硬的土体,并能挖出一定的坡度。本法适于开挖土质较硬,宽度较小的沟槽(坑)。



(a) 沟角开挖平面



(b) 扇形开挖平面



(c) 三角开挖平面

图 6-37 反铲沟角开挖法

④ 多层接力开挖法。用两台或多台挖掘机设在不同作业高度上同时挖土,边挖土边将土传递到上层,由地表挖掘机连挖土带装土,如图 6-38 所示;上部可用大型反铲,中、下层用大型或小型反铲进行挖土和装土,均衡连续作业。一般两层挖土可挖深 10 m,三层

可挖深15 m左右。本法可开挖较深基坑，一次开挖到设计标高，一次完成，避免汽车在坑下装运作业，提高生产效率，且不必设专用垫道。多层接力开挖法适于开挖土质较好、深10 m以上的大型坑、沟槽和渠道。

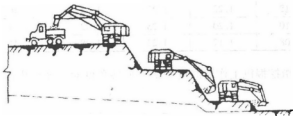


图 6-38 反铲多层接力开挖法

3. 提高挖掘机生产率措施

(1) 单斗挖掘机生产率的计算。

挖掘机的生产率是指：在单位时间内从工作面中挖取并卸入汽车或弃土堆的土方量（自然方）。其计算公式如下：

$$Q = \frac{3600}{T} \cdot q k_m k_s k_x k_{sh} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

式中： q ——铲斗容量， m^3 ；

T ——每一工作循环时间， s ；

k_m ——充满系数；

k_s ——土壤松散系数；

k_x ——校正系数；

k_{sh} ——时间利用系数。

挖掘机每一工作循环时间 T 为挖掘时间、自挖掘面回转到卸料处的时间、在卸料处调整铲斗位置和卸料所需时间、空斗返回挖掘面所需时间和空斗放到挖掘面所需时间之和。 T 与机械的技术状况、司机操作的熟练程度和施工组织等有关。

铲斗充满系数 k_m 是指铲斗所装松土量与铲斗平装容量之比。它与土壤性质和铲斗形式有关，参见表 6-1。

土壤松散系数 k_s 是指土壤在松散以后的体积与松散前原来体积之比。它是确定土石方机械工作量的重要因素之一，其值取决于土壤级别和铲斗容量的大小，参见表 6-2。

表 6-1 铲斗充满系数 k_m

铲斗形式	土 壤 级 别				
	I	II	III	IV	V~VI
正铲	1.0~1.20	1.15~1.4	0.75~0.95	0.55~0.70	0.30~0.50
拉铲	1.0~1.15	1.20~1.4	0.80~0.90	0.50~0.65	0.30~0.50
抓斗	0.8~1.0	0.90~1.1	0.50~0.70	0.40~0.45	0.20~0.30

表 6-2 土壤的松散系数 k_s

斗容量	土 壤 级 别					
	I	II	III	IV	V	VI
					爆破好的	爆破不好的
0.25~0.75	1.12	1.22	1.27	1.35	1.46	1.50
1.00~2.00	1.10	1.20	1.25	1.32	1.44	1.48
3.00~15	1.08	1.17	1.22	1.28	1.41	1.45

校正系数 k_s 是指挖掘机工作面高度和铲斗回转角度对挖掘机生产率的影响大小, 参见表 6-3。

表 6-3 校正系数 k_s (正铲挖掘机)

工作面高度 (最佳高度的%)	铲 斗 回 转 角 度							
	30°	45°	60°	75°	90°	120°	150°	180°
40	—	0.93	0.89	0.85	0.80	0.72	0.65	0.59
60	—	1.10	1.03	0.96	0.91	0.81	0.73	0.66
80	—	1.22	1.12	1.04	0.98	0.86	0.77	0.69
100	—	1.26	1.16	1.07	1.00	0.88	0.79	0.71
120	—	1.20	1.11	1.03	0.97	0.86	0.77	0.70
140	—	1.12	1.04	0.97	0.91	0.81	0.73	0.66
160	—	1.13	0.96	0.90	0.85	0.75	0.67	0.62

时间利用系数 k_h 反映机械的作业效率。它和施工条件(地形、现场大小、地表排水状况、地面承载力、气候、施工规范和施工方法等)与工程管理水平(司机的技术熟练程度和工作态度、设备技术状况、施工组织等)有关。一般施工机械的时间利用系数参见表 6-4。

表 6-4 施工机械的时间利用时间系数 k_h

施工条件	工 程 管 理 水 平			
	最好	良好	一般	较差
最好	0.84	0.81	0.76	0.70
良好	0.78	0.75	0.71	0.65
一般	0.72	0.69	0.65	0.60
较差	0.63	0.61	0.57	0.52

(2) 提高挖掘机生产率的措施。

提高挖掘机生产率的措施可从两方面考虑。一是在施工组织设计时, 应使运输汽车的运量和挖掘机生产率相匹配; 汽车的装载容量应为挖掘机斗容量的倍数(最好为 3~5 倍); 汽车的行驶路线良好, 以利行车; 挖掘机给汽车装载时, 应优先采用“双放”法, 如图 6-39 所示, 不使挖掘机等候汽车。二是在施工技术操作过程中, 应尽力缩短挖掘机每一工作循环时间。为此, 必须保持机械完好的技术状况; 挖掘机司机要有熟练的操作技术, 每工作循环各过程的操作进行联合动作; 斗齿要锐利, 以减少铲装时间。

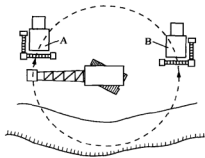


图 6-39 挖掘机施工装运“双放法”



项目实现

本项目是综合性实训项目，实训场地可根据本校的实训条件灵活安排，可以在校内的驾驶实训室或者实习单位或者自己联系的施工工地进行。

任务1 挖掘机施工参观实习

实习中要注意以下事项：

- (1) 熟悉挖掘机操作规程和施工管理制度；
- (2) 穿戴好劳动保护用品，服从现场指挥人员的调度和安排；
- (3) 仔细观察挖掘机作业区域的地形、土质、挖掘机的施工方法以及现场指挥人员的手势、口令等；
- (4) 记录工地名称、性质、土方量、土质等数据。

任务2 挖掘机铲斗施工作业

有条件的话，可安排实施本任务。实施本任务时，应注意以下几点：

- (1) 在挖掘机熟练驾驶员（实习指导教师）的指导下进行；
- (2) 注意观察现场指挥人员的手势和指令，服从其调度和安排；
- (3) 仔细领会挖掘机作业方式的要领；
- (4) 随时观察挖掘机显示器上各仪表的指示情况、挖掘机各部件的运转情况是否正常。

任务3 挖掘机破碎器作业

有条件的话，可安排实施本任务。

第一步：将钎杆呈垂直紧压在将破碎物体表面。

第二步：打击时将钎杆紧压，并将挖掘机提升 5 mm 左右。切不可将挖掘机抬得过高。

第三步：操作控制阀，使钎杆反复打击物体。

如果在 1 min 内没有破碎，则应移动破碎锤，从端部开始重新破碎。

项目 6.5 挖掘机的调迁



教学目标

1. 知识目标

- (1) 了解挖掘机的调迁方式。
- (2) 了解挖掘机调迁中应注意的问题。

2. 能力目标

- (1) 能够正确完成将挖掘机开至大型平板运输车上。
- (2) 能够正确绑扎挖掘机。
- (3) 能够正确指挥挖掘机上下平板。



相关知识

当挖掘机完成了一项施工任务后,需要及时地转往其他地段投入新的施工。挖掘机调迁的方式应根据运距、运输条件和设备情况,灵活采用自行运输或采用大型平板拖车进行运输等方式。施工场地距离较近,挖掘机又可以通过,可以采用自行运输方式。施工场地距离较远,可以采用大型平板拖车进行运输。



项目实现

挖掘机的调迁工作需要由熟练驾驶员的指导下进行。

任务 1 挖掘机的装车

第一步:保持拖车的清洁,将行走速度开关转至低速。

第二步:把工作装置置于前部向前行走,将机械缓慢地驶到斜台上(机械的中间线必须在拖车的中间线上)。把铲斗的平坦面支撑在拖车上,斗杆与动臂的夹角应该在 $90^{\circ}\sim 110^{\circ}$ 之间;在机器刚开始向前往拖车平板上倾转时,把铲斗支撑到拖车上,缓慢地向前行走,直到把履带全部开上拖车并稳固地接触在平板上为止;稍微提起铲斗,收入斗杆并使其保持在下方,缓慢地将上车回转 180° ,如图 6-40 和图 6-41 所示。

第三步:将铲斗降至垫块上。

第四步:停止发动机,从开关上取下钥匙。

第五步:操纵几次控制杆,直到液压缸中的压力被完全释放为止。

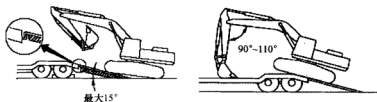


图 6-40 挖掘机装车行驶示意图 1

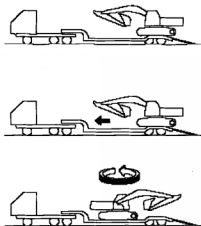


图 6-41 挖掘机装车行驶示意图 2

第六步：将先导控制关闭杆拉至锁住位置。

第七步：关上驾驶室的窗子、通气天窗和门，罩上排气口，以防风雨进入。

第八步：以具有适当强度的链或钢丝绳将机械的每个角绑在拖车上，如图 6-42 所示。

第九步：在履带的前、后放入楔块。



图 6-42 挖掘机的调迁

任务 2 挖掘机的卸车

第一步：升起工作装置，把斗杆收到动臂下面，然后缓慢移动机器，如图 6-43 所示。

第二步：当机器移到拖车的后轮上方，移向坡道时，停止移动机器。

第三步：把斗杆与动臂的夹角调整到 $90^\circ \sim 110^\circ$ ，铲斗的平坦面支撑在地面上，然后缓慢移动机器进入坡道，如图 6-44 所示。

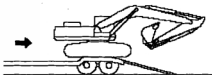


图 6-43 挖掘机卸车示意图 1

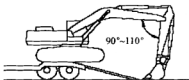


图 6-44 挖掘机卸车示意图 2

第四步：当机器移到坡道时，缓慢地操纵动臂和斗杆，小心地降下机器直到完全离开坡道，如图 6-45 所示。不要让挖掘机的铲斗与地面发生剧烈的碰撞。

任务 3 挖掘机的起吊

第一步：完全伸出斗杆和铲斗液压油缸；降下动臂，直到铲斗触到地面为止。

第二步：把先导控制开关杆拉到锁住位置上。

第三步：关掉发动机，从钥匙开关上取下钥匙。

第四步：使用足够长的钢索和支撑杆，使它们在起吊时不与机器相碰。根据需要在钢索、支撑杆上绕上一些保护材料，以免机器受损。

第五步：把吊车驶到适当的起吊位置上。

第六步：如图 6-46 所示，把钢索穿过两侧履带架的下面，把钢索安装到吊车上。

注意：应根据挖掘机整机质量选择相应的起重设备及相应的钢索吊装。

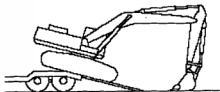


图 6-45 挖掘机卸车示意图 3

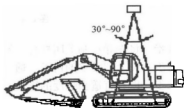


图 6-46 挖掘机起吊示意图

第 7 单元

挖掘机常见故障诊断

挖掘机主要进行土石方挖掘、破碎等作业，工作负荷经常变化并伴有强烈振动，工作环境也较为恶劣，此外还有设计制造和操作方面的问题，所有这些都会造成挖掘机出现某一部分或整机状态运行参数（如压力、速度、行程）的变化，使挖掘机出现异常振动和噪声，甚至停机。

故障诊断是要根据故障现象，查明发生故障的原因，判断故障发生的部位，排除故障，恢复设备性能和正常运转。

挖掘机是机电液一体化的设备，同一台挖掘机机械、液压、电气的故障表现形式不同，又相互关联；不同品牌的挖掘机因其结构不尽相同，故障表现形式也不同。因此排除挖掘机故障需要针对不同品牌、不同部分采取灵活的方法进行处理。

本单元主要介绍排除挖掘机故障的常规方法，并针对 SY200 型挖掘机和 PC200-6 型挖掘机的液压系统、电气系统和整机故障进行案例分析。

项目 7.1 挖掘机液压系统故障诊断

项目 7.2 挖掘机电气系统故障诊断

项目 7.3 挖掘机综合故障诊断

项目 7.1 挖掘机液压系统故障诊断



教学目标

1. 知识目标

- (1) 掌握挖掘机液压系统常见故障的分析方法。
- (2) 掌握挖掘机液压系统常见故障的排除方法。

2. 能力目标

- (1) 能够根据挖掘机液压系统故障现象分析故障原因。
- (2) 能够排除挖掘机液压系统常见故障。



相关知识

7.1.1 液压系统故障的概念

液压系统必须具备许多性能要求，这些要求包括：液压缸的行程、推力、速度及其调节范围；液压马达的转向、扭矩、转速及其调节范围等技术性能；运转平稳性、精度、噪声、效率等等。如果液压系统在实际运行过程中能完全满足这些要求，整个设备将正常、可靠地工作；如果出现了某些不正常情况，不能完全满足这些要求，则认为液压系统出现了故障。

7.1.2 液压系统故障的特点

液压系统的故障既不像机械传动那样显而易见，又不如电气传动那样易于检测，它与其他相比具有以下特点。

1. 故障的多样性和复杂性

液压系统出现的故障可能是多种多样的，而且在大多数情况下是几个故障同时出现。例如：系统的压力不稳定，常和振动噪声故障同时出现，而系统压力达不到要求经常又和动作故障联系在一起；甚至机械、电气部分的弊病也会与液压系统的故障交织在一起，使得故障变得复杂，新系统的调试更是如此。

2. 故障的隐蔽性

液压系统是依靠在密闭管道内并具有一定压力能的油液来传递动力的，系统所采用的

元件内部结构及工作状况不能从外表进行直接观察。因此,它的故障具有隐蔽性,既不如机械传动系统故障那样直观,又不如电气传动系统那样易于检测。

3. 引起同一故障原因和同一原因引起故障的多样性

液压系统同一故障引起的原因可能有多,而且这些原因常常互相交织在一起,相互影响。如系统压力达不到要求,其产生原因可能是泵引起的,也可能是溢流阀引起的,也可能是两者同时作用的结果。此外,油的黏度是否合适,以及系统的泄漏等都可能引起系统压力不足。

另一方面,液压系统中往往是同一原因,但因其程度的不同、系统结构的不同以及与之配合的机械结构的不同,所引起故障现象也可以是多种多样的。如同样是系统吸入空气,严重时能使泵吸不进油;轻者会引起流量、压力的波动,同时产生噪声,造成机械部件运动过程中的爬行。

4. 故障产生的偶然性与必然性

液压系统中的故障有时是偶然发生的,有时是必然发生的。故障偶然发生的情况如:油液中的污物偶然卡死溢流阀的阻尼孔或换向阀的阀芯,使系统突然失压或不能换向;电网电压的骤然变化,使电磁铁吸合不正常而引起电磁阀不能正常工作。这些故障不是经常发生的,也没有一定的规律。故障必然发生的情况是指那些持续不断经常发生,并具有一定规律的原因引起的故障,如油液黏度低引起的系统泄漏、液压泵内部间隙大内泄漏增加导致泵的容积效率下降等。

5. 故障的产生与使用条件的密切相关性

同一系统往往随着使用条件的不同而产生不同的故障。例如环境温度低,使油液黏度增大引起液压泵吸油困难;环境温度高,油液黏度下降引起系统泄漏和压力不足等故障。系统在不干净的环境工作时,往往会引起油的严重污染,并导致系统出现故障。此外,操作维护人员的技术水平也会影响到系统的正常工作。

6. 故障难于分析判断而易于处理

由于液压系统故障具有上述特性,所以当系统出现故障后,要想很快确定故障部位及产生的原因是比较困难的,必须对故障进行认真地检查、分析、判断,才能找出其故障部位及其原因。然而,一旦找出原因,往往后期处理却比较容易,有的甚至稍加调节或清洗即可。

7.1.3 液压系统故障诊断方法

1. 液压系统故障诊断的步骤

(1) 排除前的准备工作。

阅读设备使用说明书,掌握以下情况:系统的结构、工作原理、性能及设备对液压系统的要求;液压系统中所采用各种元件的结构、工作原理、性能。阅读设备使用有关的档案资料,如生产厂家、制造日期、液压件状况、原始记录、使用期间出现过的故障及处理

方法等,还应掌握液压传动的基本知识。由于同一故障可能是由多种不同的原因引起的,而这些不同原因所引起的同一故障有一定的区别,因此在处理故障时首先要查清故障现象,认真仔细地观察,充分掌握其特点,了解故障产生前后设备的运转状况,查清故障是在什么条件下产生的,弄清与故障有关的其他因素。

(2) 分析判断。

在现场检查的基础上,对可能引起故障的原因做初步的分析判断,初步列出可能引起故障的原因。分析判断时应注意:首先,充分考虑外界因素对系统的影响,在查明确实不是该原因引起故障的情况下,再集中注意力在系统内部查找原因;其次,分析判断时,一定要把机械、电气、液压3个方面联系在一起考虑,切不可孤立地单纯对液压系统考虑;第三,要分清故障是偶然发生的还是必然发生的。对必然发生的故障,要认真分析故障原因,并彻底排除,对偶然发生的故障,只要查出故障原因并做出相应的处理即可。

(3) 调整试验。

调整试验就是对仍能运转的设备经过上述分析判断后所列出的故障原因进行压力、流量和动作循环的试验,以去伪存真,进一步证实并找出哪些更可能是引起故障的原因。调整试验可按照已列出的故障原因,依照先易后难的顺序一一进行;如果把握不大,也可首先从怀疑较大的部位直接进行试验。

(4) 拆卸检查。

拆卸检查就是对经过调整试验后,进一步认定的故障部位进行打开检查。拆卸时,要注意保持该部位的原始状态,仔细检查有关部位,且不可用脏手乱摸有关部位,以防手上污物粘到该部位上。

(5) 处理。

对检查出的故障部位修复或更换,勿草率处理。

(6) 重试与效果测试。

按照技术规程的要求,仔细地认真地处理。在故障处理完毕后,重新进行试验与测试。注意观察其效果,并与原来故障现象对比。如果故障已经消除,就证实了对故障的分析判断与处理正确;如果故障还未除,就要对其他怀疑部位进行同样处理,直至故障消失。

(7) 故障原因分析总结。

按照上述步骤故障排除后,对故障要进行认真地定性、定量分析总结,以便对故障的原因、规律得出正确的结论,从而提高处理故障的能力,也可防止同类故障的再次发生。

2. 液压故障诊断

液压故障诊断一般可分为简易诊断和精密诊断。

(1) 简易诊断技术。

简易诊断技术又称主观诊断法,它是指靠人的五觉(味觉、视觉、嗅觉、听觉和触觉)及个人的实际经验,利用简单的仪器对液压系统出现的故障进行诊断,判别产生故障的部位及原因。

(2) 精密诊断技术。

精密诊断技术即客观诊断法,它是指在简易诊断法的基础上对有疑问的异常现象,采

用各种最新的现代化仪器设备和电子计算机系统等对其进行定量分析,从而找出故障部位和原因。这类方法主要有仪器仪表检测法、油液分析法、振动声学法、超声检测法、计算机诊断专家系统等。

目前,精密诊断技术需要的各种仪器设备比较昂贵,所以,在实际机械设备液压系统故障诊断中,既要采用传统简易诊断手段,又要在必要时采用新的精密诊断方法,两者无法替代,将长期共同存在。

3. 查找液压故障的方法

从故障现象分析入手,查明故障原因是排除故障的最重要和较难的一个环节。初级液压技术人员,出了故障后,往往一筹莫展,感到无处下手。现从实用的观点出发,介绍查找液压故障的典型方法。

(1) 根据液压系统图查找液压故障。认识液压图,是从事使用、维修工作的技术人员和技术工人的基本功,也是查找液压故障一种最基本的方法。

(2) 利用因果图(又称鱼刺图)分析方法对液压设备出现的故障进行分析,既能较快,又能积累排除故障的经验。这是一种将故障形成的原因由总体至部分按树枝状逐渐细化的分析方法,是对液压系统工作可靠性及其液压设备液压故障进行分析诊断的重要方法。其目的是判明基本故障,确定故障的原因、影响和发生概率。这种方法已被公认为是可靠性、安全性分析的一种简单、有效的方法。

(3) 铁谱技术分析。

(4) 利用厂家提供的故障分析表查找液压故障。

(5) 利用设备的自诊功能查找液压故障。

随着电子技术的不断发展,目前,许多大中型工程机械采用了电子计算机控制、通过接口电路及传感技术,对其液压系统进行自诊断,并显示在荧光屏上,使用者、维修者可根据显示故障的内容进行故障排除。



故障案例

案例1 回转操纵手柄中位后,回转动作突然停止(型号 SY200)

1. 故障现象

机器回转完松开操纵手柄后,回转动作突然停止,引起较大冲击。

2. 查测

回转油路图如图 7-1 所示。

(1) 回转压力:左转/右转, 28.0 MPa。

(2) 检查延时阀: SH 油路及 PG 油路 (4.0 MPa)。

(3) 检查回转马达的 O 形圈。

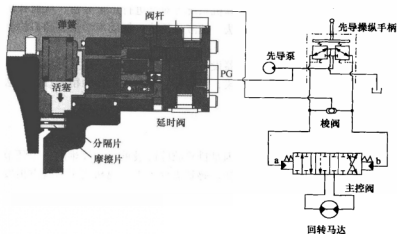


图 7-1 DH225LC-7 回转油路图

3. 故障分析及排除

当回转开始时，制动必须解除（2.1~2.6 MPa）；当回转要停止时，首先回转马达出现旋转阻抗，实现液压制动来阻止转动；然后，制动活塞内的压力油经数秒后流出，实现机械制动。来自制动活塞的液压油应该经延时阀缓慢回油，但大量液压油经破损的 O 形圈泄流到回转马达内部，导致机器回转完松开操纵手柄后，回转动作突然停止，引起较大冲击。

4. 故障分析及排除

更换回转马达的 O 形圈，故障消失。

案例 2 机器前进时向左跑偏（机型 PC200-6）

1. 故障现象

机器直线行走时，后退正常，前进时向左跑偏；同时发现向右侧前进转弯时无力、速度慢。

2. 查测

（1）右行走马达前进溢流压力：36.3 MPa，后退溢流压力：38 MPa，标准值：35 MPa 正常。

左行走马达前进溢流压力：28.6 MPa，不正常；后退溢流压力：36.0 MPa，正常。

（2）支起履带板检测 L_o （低）、 M_i （中）、 H_i （高）旋转速度，右履带板转速正常。而左履带板向前时， L_o ：72 s（标准：50 ± 7 s）； M_i ：58 s（标准：39.5 ± 5 s）； H_i ：45 s（标准：27.5 ± 2 s），异常。

而左履带板向后时， L_o 、 M_i 、 H_i 三挡速度均正常。

(3) 由此检测左马达向前 PPC 油压: 3.3 MPa, 正常; 向后 PPC 油压: 3.3 MPa, 正常。

(4) 对调左行走马达两安全阀, 故障依旧。

(5) 对调左行走控制阀中的两压力补偿阀, 故障依旧。

(6) 拆下主控制阀上左行走前进油路上的吸油阀时, 发现有一铁屑。

3. 故障分析

在排查单侧单向行走走偏的故障时, 应对以下几处加以检测。

(1) 相应的 PPC 油压是否偏低。

(2) 主控制阀阀芯是否磨损或者主阀芯由于卡滞等原因, 其行程不能到位。

(3) 相应的压力补偿阀是否有磨损、卡滞、堵塞等异常状态。

(4) 相应的吸油阀是否关闭不严, 有泄油现象。

(5) 相应的行走马达上的安全阀是否异常。

(6) 相应的行走马达上的单向阀是否不能正常打开。

(7) 同时, 还应检查中心回转接头上的密封圈是否密封不严。

4. 故障处理

取出铁屑, 清洗吸油阀, 安装后机器恢复正常。

案例3 铲斗卸载动作慢, 其他动作正常 (机型 PC200-6)

1. 故障现象

工作中铲斗卸载动作慢, 其他动作正常。

2. 检测

(1) 检查铲斗卸载油路上的安全吸油阀、压力补偿阀均无故障, 主泵压、铲斗卸载 PPC 压力符合标准值范围。

(2) 分解铲斗主滑阀阀芯, 发现滑阀 O 形圈损坏。

3. 故障分析

由于该 O 形圈磨损, 造成铲斗卸载动作时, 铲斗卸载 LS 油压通过该 O 形圈泄漏。而铲斗卸载单独动作时, 该 LS 油压即为整机的 LS 油压。该 LS 油压下降, 则引起主泵排量下降, 进而造成铲斗卸载单独动作时, 速度变慢。

此外, 引起该故障现象的其他原因还有以下几种:

(1) 铲斗卸载 PPC 油压是否偏低;

(2) 铲斗卸载油压开关是否异常;

(3) 铲斗卸载压力补偿阀是否异常;

(4) 铲斗卸载安全吸油阀是否泄油;

(5) 铲斗主阀芯外表面是否有磨损。

4. 故障处理

铲斗滑阀 O 形圈损坏, 更换铲斗滑阀 O 形圈, 机器恢复正常。

案例 4 主泵内泄 (机型 PC200-6)

1. 故障现象

工作时整机工作无力。

2. 检测

(1) 油温低时, 工作正常。

(2) 油温高时, 整机工作无力; 同时发现主泵温度非常高, 不能用手触碰, 同时还听见异响。

(3) 分解主泵后, 发现后泵缸体与配流盘之配合面已异常磨损。

(4) 检查液压油回油滤芯, 发现有一些细小铁屑。

3. 故障分析

主泵内泄的主要发生点有两处: 柱塞与缸体的间隙变大, 造成轴向泄漏; 缸体与配流盘的配合不良, 造成径向泄漏。

当泵内泄发生时, 一般均会感觉到泵壳体温度急剧升高, 同时还伴有异响; 还会造成供油量不足, 整体工作无力、速度慢。

4. 故障排除

(1) 当缸体与配流盘的配合面配合不良时, 可先判断缸体或配流盘的配合面表面的硬度层是否已磨损得差不多。若还有修复价值, 可对配流盘及缸体进行研磨修复。若不能修, 则更换新的后泵缸体与配流盘。

(2) 彻底清洗液压系统。

(3) 加入新的液压油。

(4) 试运转, 确认机器恢复正常。

项目 7.2 挖掘机电气系统故障诊断



教学目标

1. 知识目标

- (1) 掌握挖掘机电气系统常见故障的分析方法。
- (2) 掌握挖掘机电气系统常见故障的排除方法。

2. 能力目标

- (1) 能够根据挖掘机电气系统故障现象分析故障原因。
- (2) 能够排除挖掘机电气系统常见故障。



相关知识

挖掘机的电气系统对挖掘机的工作状态和对整机性能起着举足轻重的作用,因此对挖掘机电气系统的状态检测及发生故障后进行准确迅速的诊断,保证挖掘机处于完好状态进行高效的工作,是非常重要的。

7.2.1 挖掘机电气系统故障检测与诊断的基本步骤

1. 熟悉电气系统

电气维修人员进行电气系统检测与诊断前,应掌握该电气系统的结构组成,了解各电气设备的工作原理,熟悉电路的动作要求和顺序,明确了解各个控制环节的工作过程。除此之外,还应学习和掌握有关机械部分、液压部分的知识,帮助分析故障原因,从而迅速而准确地判断、分析和排除故障。

2. 详细了解电气故障产生的经过

电气系统发生故障后,应向现场操作人员了解故障发生前有关机械的运行情况,询问故障发生时的各种现象,如有无火花和冒烟、有无响声、有无异味以及在哪些部位发生等,以帮助判断故障类型及寻找故障点。

3. 仔细进行故障部位的外表检查

寻找故障时,应从外部开始仔细检查,可通过嗅、听、看、摸等感觉检验,对电气故障进行初步判断。

4. 运用测量与诊断技术，确定故障部位及元件

在外表检查中没有发现故障点时，就必须依靠一些测量与诊断技术来发现问题，确定故障所在部位。

(1) 采取正确的测量技术。

由于故障发生前后，电气系统中的有关参数会发生变化，通过直接或间接地测量各种参数，与额定值进行对照，可帮助判断故障性质。常用测量设备有：电流表、电压表、功率表、万用表等仪表，此外还有光线示波器、电子示波器、数字瞬态记录仪等。

① 测量电压。用交直流电压表或万用表的电压挡对各种电磁线圈、有关控制电路的关联分支电路两端电压进行测量，如果发现电压与规定要求不符时，则是故障的可能部位。

② 测量电流。用电流表或万用表的电流挡测量电路中的电流，使之与标准工作电流比较。

③ 测量电阻。先将电源切断，用万用表的电阻挡测量线路是否通路、触点的接触情况、元件的电阻等。也可采用试灯检验回路是否通路，灯泡亮，则通；否则就不通。

上述用仪表测量参数的准确性是分析判断故障的重要依据。由于每种仪表都有其特定的性质和用途，选用时若选择不当，就有可能使所测得的数据或者达不到规定的精度，或者是错误的数字，从而影响测量质量。所以，在进行测量前，先要正确选用测量仪表。其次，要采用正确的测量电路和方法，因为不同的测量电路和测量方法对测量结果也会有影响，从而影响最后结果。

(2) 采取正确的诊断技术。

有些故障，仅仅依靠测量参数是远远不够的，还必须采取一些诊断技术，如电气设备的绝缘预防性试验、绝缘特性试验、温度监测和老化试验等。依靠这些技术，可以较全面地、科学地、正确地判断故障发生性质，找到故障部位及元件。

维修时，应严格遵守安全规程，采取必要的安全措施，正确使用电工工具。

7.2.2 电气系统故障检测与诊断的基本方法

电气系统发生故障的因素也很多，但归纳起来也不外乎是电气件损坏或调整不当、电路断路或短路、电源设备损坏等。为了较准确迅速地查出故障部位，可采用以下检测与诊断法。

1. 感觉诊断法

电气设备发生故障多表现为发热异常，有时还冒烟、产生火花；线圈烧毁，其漆包线变成紫色；有时发出焦糊臭味；工况突变等。这些现象通过人的眼看、耳听、手摸或鼻子闻，就可直观地发现故障所在部位。

2. 试灯检查法或刮火检查法

试灯检查法或刮火检查法常用来检查电路的断路故障。

(1) 试灯检查法。

试灯检查法是指用一试灯检查某电路的断路情况,如图7-2所示。用试灯的一根导线搭铁,另一根导线搭接电源接点,若试灯亮,表示由此至电源线路良好,否则表明由此至电源断路。



图7-2 试灯检查法

(2) 刮火检查法。

刮火检查法与试灯检查法基本相同,即将某电路的怀疑接点用导线与搭线处刮碰,若有火花出现,表明由此至电源线路良好,否则表明此接点至电源断路。

用刮火的方法检查电器绕组(如电动刮水器定子绕组)好坏时,使绕组一端搭铁,另一端与电极刮火,根据火花的强烈程度和颜色来判断故障。若刮火时出现强烈的火花,多数是电器绕组匝间严重短路;若刮火时无火花,表明电器绕组匝间断路;若刮火时出现蓝色小火花,表示电器绕组良好。

3. 置换法

置换法就是将认为损坏的部件从系统中拆下,换上一个质量合格件代替怀疑部件进行工作,来判断机件是否有故障的一种方法。诊断时,系统换上一个新件后,查看该系统是否能工作。如果能正常工作,说明其他器件性能良好,故障在被置换件上;如果不能正常工作,则故障在本系统的其他构件上。置换法故障诊断中应用十分广泛。

4. 仪表检查法

仪表检查法也叫直接测试法、仪表诊断法,它是利用测量仪器直接测量电器元件的一种方法。例如怀疑转速传感器故障,可用万用表或示波器直接测试该器件的各种性能指标。又如,用万用表检查交流发电机激磁电路的电阻值是否符合技术要求,若被检查对象电阻值大于技术文件规定,说明激磁电路接触不良;若被测电路电阻值小于技术文件规定值,则说明发电机的电磁绕组有短路故障。此外,还可通过测量某电气设备的电压或电压降来判断故障。

采用这种方法诊断故障,应首先了解被测器件的技术文件规定值,然后再测得当前值与技术文件规定的标准值进行比较,即可查明故障。

5. 导线短路试验与拆线试验法

短路试验法是指用一根良好的导线,由电源直接与用电设备进行短接以取代原导线,如果用电设备工作正常说明原来线路连接不好,应再继续检查电路中串接的关联件,如开关、熔断器或继电器等。拆线试验法是将导线拆下来,以判断电路中的短路搭铁故障,即将某系统的导线从接线点拆下,若搭铁现象消除,表明此段线路有搭铁。

6. 跟踪法

跟踪法实际上是顺序查找法,在电器系统故障诊断中,通过仔细观察和综合分析,跟

踪故障，一步一步地逼近故障的真实部位。

查找电路故障有顺查法和逆查法两种。查找电路故障时，由电源用电设备逐段检查的方法称为顺查法。所谓逆查法是指查找电路故障时，由用电设备至电源逐段检查的方法。

7. 熔断器故障诊断法

设备上各用电设备均应串接熔断器，若某熔断器常被烧断，说明此用电设备多半有搭铁故障。

8. 条件改变法

有些故障是间歇的，有些故障是在一定的条件下才明显地显示出来。在电气系统故障诊断中，经常采用条件改变法查找故障。因此，必须弄清故障表现的最明显的条件。

条件改变法包括条件附加法和条件去除法。条件附加法是指在一些条件下，故障不明显，而此时，诊断该机件是否有故障必须加上一些条件。条件去除法则正相反，正因为有这些条件，故障现象不明显，必须设法将该条件除去。例如，许多电子元器件在低温时工作良好，但当温度稍高则不能可靠地工作，此时，可采用一个附加环境温度的方法，促使该故障明显化。

常用的电子系统条件改变法有下列几种。

(1) 振动法。

当振动可能是导致故障的主要原因时，模拟试验时可将连接器在垂直和水平方向轻轻摆动；将电路的配线，在垂直和水平方向轻轻摆动。试验时，包括连接器的接头、支架、插座等，都必须仔细检查。用手轻拍装有传感器的零件，检查传感器是否失灵。注意不要用力拍打继电器，否则可能会使继电器开路。进行振动试验时，可用万用表检测输出信号，观察振动时输出信号有无变化。

(2) 加热法。

当怀疑某一部位是受热引起的故障时，可用电吹风或类似的工具加热可能引起故障的零件，检查此时是否出现故障。注意加热时不可直接加热电子集成块中的元件，且加热的温度不得高于60℃。

(3) 水淋法。

当怀疑故障可能是雨天或高温潮湿环境所引起时，可采用水喷淋在机械上，检查是否有故障产生。注意此时不要将水直接喷淋在机械零件上，而应间接改变温度与湿度。试验时，不可将水喷淋在电子元器件上，尤其应防止水渗漏到电子集成块内部。

(4) 电器全部接通法。

当怀疑故障可能是电负荷过大而引起故障时，可采用接通全部电器，增大负荷的方法，检查此时故障是否产生。

(5) 工作模拟试验法。

通过工作试验来模拟故障出现时的工况，以检查故障是否存在。

9. 分段查找法

分段查找法是把一个系统根据结构关系分成几段，然后，在各段的输出点进行测量，可以迅速确定故障在某一段内。由于分段查找是在一个缩小的范围内查找故障，它能使故

障诊断效率大大提高。

10. 利用电的特性来诊断故障

检查电气设备的电磁线圈是否断路,有时不必拆开电气设备,可接通被检查对象的电源,然后用螺丝刀在电磁线圈的支持部分的周围,看是否对螺丝刀有吸力感觉,如果有吸力感觉,说明此电磁线圈没有断路。如果对采用这种方法诊断有较丰富的经验时,还可根据吸力的大小来判断电磁线圈损坏的程度。

以上是电气系统故障诊断经常采用的方法,每一种方法都有它的应用条件。当遇到具体故障时,应仔细分析,选择一种合适的方法,迅速而准确地找出故障。



故障案例

案例1 仪表盘上转速表失灵(机型 SY200)

1. 故障现象

- (1) 启动发动机时转速显示为0 rpm。
- (2) 发动机运转时转速显示在630~680 rpm之间。
- (3) 而实际的发动机转速是正常的。

2. 查测

控制电路图如图7-3所示。

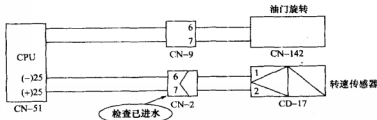


图7-3 DH225LG-7 控制电路图

- (1) 查测电压及电阻值,元器件检测值与标准值对照表参见表7-1。

表7-1 元器件检测值与标准值对照表

位 置	参 数	标准值	备 注
转速传感器电阻: CD-17 (1), (2)	0.2~0.4 k Ω	0.25 k Ω	好
转速传感器电压: CD-17 (1), (2)	1~28 Vac	1.17~2.14 Vac	坏
CPU 接插头 (转速传感器) 电阻: CN-51 (25), (26)	0.2~0.4 k Ω	0.25 k Ω	好
CPU 接插头 (转速传感器) 电压: CN-51 (25), (26)	1~28 Vac	1.17~2.14 Vac	坏

- (2) CPU 控制器与仪表盘之间通信完好。
- (3) 仪表盘上无故障代码显示。
- (4) 检查线束的接插头 (CN-2, CN-9, CD-17, CD-51), 在 CN-2 接插头上发现问题。

3. 故障分析

接插头 CN-2(11)-(12) 之间因进水而短路 (速度传感器信号异常)。

4. 故障排除

- (1) 拔开 CN-2 接插头, 去水清洁后重新插上。
- (2) 确认显示已正常。

案例 2 工作时发动机突然降速 (机型 PC200-6)

1. 故障现象

工作过程中发动机突然降速。

2. 检测

- (1) 现场检查燃油系统及进气系统正常。
- (2) 监控器无故障代码显示。
- (3) 测量发动机水温传感器 (7861-92-3380) 电阻值为 $13\ \Omega$, 与标准值 (常温 25°C 时 $37\sim 50\ \text{k}\Omega$, 100°C 时 $3.5\sim 34.0\ \text{k}\Omega$) 不符。

3. 故障分析

(1) 水温传感器实则为—热敏电阻。热敏电阻的特性为随着温度的上升, 其电阻值减少; 随着温度的下降, 其电阻值增加。

(2) 随着水温升高, 水温传感器电阻值下降, 电路回路中的电流值增加, 控制器据此电流值, 判定发动机水温在上升及具体的水温值。

随着水温下降, 水温传感器电阻值上升, 电路回路中的电流值下降, 控制器据此电流值判定发动机水温在下降以及具体的水温值。

PC200-6 机器具有发动机过热保护功能。即当发动机水温升至 $102\sim 105^{\circ}\text{C}$ 之间时, 在 H/O、G/O、F/O 及 B/O 模式下, 控制器通过 PC-EPC 阀降低主泵流量至 57%, 从而降低发动机的负载。当水温继续上升至 105°C 以上时, 控制器除了降低主泵排量外, 同时还将发动机转速降至怠速, 以防止发动机过热。

(3) 本案例中, 发动机水温传感器电阻值明显低于标准值, 从而输至控制器的电流值偏大, 使控制器误判断发动机水温过热, 从而采取发动机过热保护功能, 将发动机转速至怠速。

(4) 此外从电气系统考虑, 引发该故障的可能原因还有以下两种:

- ① 控制器异常;
- ② 调速器马达异常。

4. 故障排除

更换水温传感器后,故障消失。

案例3 小臂挖掘油压开关故障(机型 PC200-6)

1. 故障现象

(1) 在自动降速功能作用中,单独做小臂挖掘动作时,发动机会自动降速,小臂挖掘动作速度慢,挖掘无力。

(2) 取消自动降速功能后,单独做小臂挖掘动作时,小臂依然速度慢、无力。做复合动作时,机器正常。

2. 查测

(1) 调阅监控代码 20,做小臂挖掘动作时,故障代码 5(小臂挖掘)指示灯不亮。

(2) 检查小臂挖掘油压开关,开关损坏。

3. 故障分析

当挖掘机出现此类故障时,首先需检查该动作的油压开关及相关线路是否异常。如果油压开关及其线路异常,当单独做相应的动作时,控制器就不能得到相应的信号,它会发出电信号至调速器马达,驱动调速器马达将发动机转速降至 1400 r/min(当自动降速功能作用时;若取消自动降速功能,则无以上动作)。最重要的是,控制器会同时发出两个电信号至 LS-EPC 阀和 PC-EPC 阀,通过 LS-EPC 阀和 PC-EPC 阀将液压主泵的排量降至最低,从而使该动作速度慢、工作无力。若此时做一复合动作,这一复合动作的信号可通过其油压开关传递至控制器,控制器则取消自动降速功能,同时发出相应的电信号至 LS-EPC 阀和 PC-EPC 阀,将泵的排量升至相应的大小,使工作恢复正常。

4. 故障处理

更换新的油压开关,接上电线后,机器故障消失,恢复正常。

项目 7.3 挖掘机综合故障诊断



教学目标

1. 知识目标

- (1) 掌握综合分析挖掘机整机常见故障的方法。
- (2) 掌握挖掘机综合故障的排除方法。

2. 能力目标

- (1) 能够根据挖掘机综合故障现象分析故障原因。
- (2) 能够排除挖掘机综合故障。



相关知识

挖掘机是集机、电、液和微处理器技术于一体的设备，各个部分密不可分。挖掘机出现故障常和机械、电气、液压部分有关联，这就对挖掘机维修技术人员提出了更高的要求，即必须具备机械、液压、电气、计算机技术等方面的综合专业知识和技能，才能胜任挖掘机的维修工作。



故障案例

案例 1 整机工作速度慢（机型 PC200-6）

1. 故障现象

整机工作速度慢。

2. 查测

- (1) 主泵压力：35 MPa。
- (2) 自压减压阀输出压力 1 MPa（标准值 3.3 ± 0.2 MPa），调整时压力不上升。
- (3) 拆卸自减压阀，发现中间小孔堵塞。

3. 故障分析

因为自减压阀输出的控制先导油压只有 1 MPa，低于标准值 3.3 MPa，故 PPC 阀输出

的所有 PPC 油压均低于标准值,引起所有主控制阀芯的开度不够,导致整机速度变慢。若此压力过低,还会造成整机不动作。

引起整机工作速度慢的原因还有以下几种:

- (1) 主泵异常,如内泄、伺服活塞卡滞,斜盘卡滞等造成主泵供油量不足;
- (2) 发动机异常,如转速偏低等造成泵排量偏低;
- (3) LS 油压由于泄漏、堵塞等原因压力下降,引起主泵排量下降;
- (4) 调速器马达调整不当,使发动机转速低于正常值;
- (5) LS-EPC 或 PC-EPC 电磁阀阀芯卡滞;
- (6) LS-EPC/PC-EPC 电磁阀始终通有大电流。

4. 故障处理

清洗自减压阀小孔,调整其压力至 3.3 MPa,机器恢复正常。

案例 2 挖掘机重载作业时发动机熄火 (机型 PC200-6)

1. 故障现象

挖掘机重载作业时发动机熄火。

2. 检测

- (1) 检查 PC 电磁阀和 PC-EPC 电磁阀线路连接情况,正常。
- (2) 测量 PC 电磁阀和 PC-EPC 电磁阀线圈电阻在标准值 ($7 \sim 14 \Omega$) 范围内。
- (3) 检查 PC 阀阀芯没有卡滞。
- (4) 检查主泵伺服活塞移动情况,发现伺服活塞卡死在最上端位置。

3. 故障分析

造成挖掘机重载作业时发动机熄火的主要原因是由于主泵排量过大,使发动机负载过重而熄火。造成该故障的可能原因有如下几种。

(1) PC 电磁阀或 PC-EPC 电磁阀线路接反或线圈损坏,导致控制器信号传输错误,机器在重载作业时因泵的排量失去控制而熄火。

(2) PC 阀阀芯卡死。PC 阀能感知挖掘机外载荷的变化,然后根据主泵与发动机功率匹配的原则自动调节主泵的排量。如果阀芯卡死,可导致伺服活塞无杆腔一端的压力不随外负载的变化而变化,使主泵的排量过大,从而造成发动机熄火。

(3) 主泵伺服活塞卡滞在在排量最大位置,使排量调节失效。

4. 故障处理

将主泵伺服活塞拆下后清洗,涂抹清洁液压油,重新组装调试后,机器恢复正常。

本故障在处理时,还应检查一下液压油滤芯,看看上面是否附有金属颗粒物等异物。若有,还应彻底检查液压系统,检查是否有其他故障点,同时彻底清洗液压油路。

案例3 回转不能锁定（机型 PC200-6）

1. 故障现象

挖掘机在回转锁定开关处于锁定状态下仍能回转。

2. 查测

拨开回转控制电磁阀，断开回转制动油管，回转马达仍能回转。

3. 故障分析

在查测中，由于断开从回转控制电磁阀至回转马达的油管后，机器仍能回转，则已可判定，该故障是由回转马达内部摩擦片7和制动片8磨损打滑或者制动活塞6卡滞，弹簧5无法将其压下抵住制动片这些因素造成的，如图7-4所示。

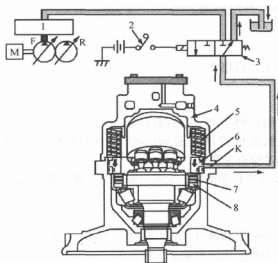


图 7-4 回转马达工作原理

1-自减压阀；2-回转锁定开关；3-回转控制电磁阀；4-回转马达总成；
5-制动弹簧；6-制动活塞；7-摩擦片；8-制动片；K-控制油口

此外可以造成该故障的其他原因还有以下两种：

- （1）回转控制电磁阀阀芯卡滞，始终有油从电磁阀流至马达K口；
- （2）回转锁紧开关异常及电路短路，造成回转控制电磁阀始终通电。

4. 故障处理

因为回转马达结构复杂，需要返厂大修，因此采取更换回转马达的方法进行故障处理。更换回转马达后，故障现象消失。

第 8 单元

轮胎式挖掘机

轮胎式挖掘机（如图 8-1 所示）行走速度快，机动性好，可在城市道路通行，近年来在中小型液压挖掘机中发展较快。



图 8-1 轮胎式挖掘机

斗容量 1 m^3 以下的轮胎式挖掘机，上车结构一般与履带式通用，可互换。例如：原贵阳矿山机器厂生产的 WLY60 型挖掘机是轮胎式半液压单斗挖掘机，斗容量为 0.6 m^3 ，机重为 13.6 吨，发动机功率为 59 kW（4120F 柴油机）。其结构特点为工作装置采用整体弯曲动臂、回转支承为交叉滚柱式，行走机构为机械驱动，并采用一对可作侧向转动的液压支腿，行驶转向采用带摆线转子泵的转向机构。

本章主要介绍轮胎式挖掘机与履带式挖掘机不同的行走系统、转向系统以及制动系统。

- 项目 8.1 轮胎式挖掘机行走系统
- 项目 8.2 轮胎式挖掘机转向系统
- 项目 8.3 轮胎式挖掘机制动系统

项目 8.1 轮胎式挖掘机行走系统



教学目标

1. 知识目标

- (1) 掌握轮胎式挖掘机行走系统传动路线的分析方法。
- (2) 掌握轮胎式挖掘机行走系统各种传动方式的特点。

2. 能力目标

- (1) 能够分析轮胎式挖掘机行走系统工作原理。
- (2) 能够分析轮胎式挖掘机与履带式挖掘机行走系统的不同点。



相关知识

轮胎式液压挖掘机行走装置如图 8-2 所示, 通常由箱形结构的车架 1、前桥 3、后桥 7、行走传动机构及支腿等组成。后桥是刚性悬挂, 而前桥则制成中间铰接的液压悬挂的平衡装置。

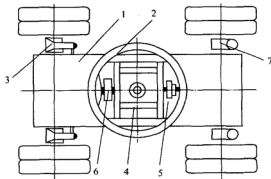


图 8-2 轮胎式液压挖掘机行走装置

- 1-车架; 2-回转支撑; 3-前桥; 4-中央回转接头;
5-万向传动; 6-制动器; 7-后桥

8.1.1 行走传动机构

轮胎式挖掘机行走传动方案主要有 3 种: 机械传动、机械液压传动、全液压传动。

1. 机械传动

在轮胎式挖掘机中有一种所谓半液压传动的挖掘机，即工作装置部分采用液压传动，而行走部分则采用机械传动。

如图 8-3 所示的机械传动系统由柴油机、离合器及油泵传动箱、变速箱、传动轴、上传动箱、下传动箱、后桥、前桥等部件组成。

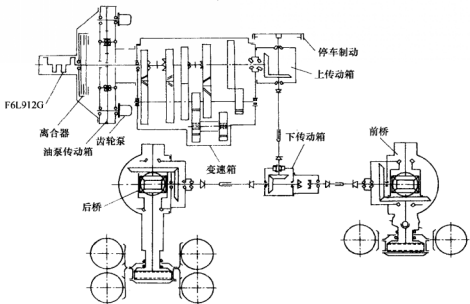


图 8-3 机械传动系统原理图

柴油机、离合器及油泵传动箱、变速箱、上传动箱连成一个整体，并通过橡胶减震器固定于平台上；下传动箱、前桥、后桥固定于车架上；下传动箱与上传动箱、前桥、后桥分别用 3 根传动轴连接。

柴油机的动力由离合器分别传给油泵传动箱及变速箱，油泵传动箱带动两个工作油泵使液压系统工作；而变速箱则以不同的挡位（速比）将动力传给上传动箱，再通过垂直传动轴传给下传动箱，下传动箱又通过后传动轴将动力传给后桥并带动车轮转动使挖掘机行走。下传动箱的前端装有齿套式离合器，当需要时可接通该离合器使动力通过前传动轴传给前桥，实现前、后桥驱动，提高挖掘机的通过能力。

挖掘机行走装置采用机械传动方式的优点是：传动效率高，成本低，维修方便；其缺点是结构复杂，换挡操作动作慢，影响挖掘机牵引特性的充分发挥。

2. 液压机械传动

如图 8-4 所示，液压机械传动系统的行走马达直接安装在变速箱上，变速箱通过传动轴、差速器等将动力传至前、后桥，再经轮边减速器驱动前、后桥的驱动轮。

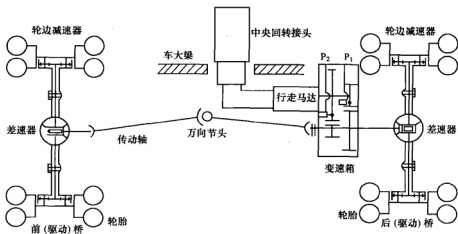


图 8-4 液压机械传动系统原理图

3. 全液压传动

全液压传动挖掘机的每个车轮都有一个液压马达单独驱动，挖掘机转弯时车轮之间的速度由液压系统调节，自行达到差速作用。每个车轮内所装的液压马达有低速和高速的两种。采用低速大扭矩液压马达驱动时可省去减速箱，使行走装置传动机构的结构大为简化，维修方便，也使挖掘机的离地间隙加大，改善其通过性能；但此时对液压马达的要求较高。挖掘机行走性能的优劣主要取决于液压马达等液压元件的质量。

如图 8-5 所示为采用高速液压马达的驱动车轮，驱动装置外壳 8 与桥 6 固定连接，高速液压马达 1 经双列行星齿轮减速后驱动减速器外壳 7，车轮轮辋则与减速器壳固定连接，因此车轮得以驱动。采用高速液压马达驱动车轮，使挖掘机行走性能较好，同时行星齿轮传动的结构紧凑，使整个驱动装置可以安装在车轮内。

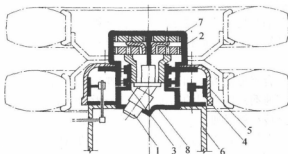


图 8-5 高速液压马达驱动的车轮

- 1-高速液压马达；2-行星减速器；3-轴承；4-制动蹄；5-制动鼓；
6-桥；7-减速器外壳；8-驱动装置外壳

8.1.2 悬挂装置

轮胎式液压挖掘机由于行走速度不太高，因此其后桥与车架一般采用刚性固定连接，

使结构简化。但为了改善挖掘机的行走性能,其前桥均采用摆动式悬挂平稳装置,如图8-6所示。车架与前桥4通过中间的摆动铰销3铰接,两侧的液压缸2的一端与车架连接,活塞杆端与前桥连接。控制阀1有两个位置,图8-6所示位置为挖掘机在作业状态,控制阀将两个液压缸的工作腔与油箱的油路切断,此时液压缸将前桥的平衡悬挂锁住,使挖掘机作业稳定性得到保证。当挖掘机行走时控制阀的阀芯向左移动,使两个液压缸的工作腔相互连通,并与油箱接通,前桥便能适应路面的高低不平状况,上下摆动使轮胎与地面接触良好,充分发挥挖掘机的附着性能。

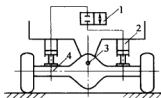


图8-6 液压悬挂平衡装置

- 1-控制阀; 2-液压缸;
3-摆动铰销; 4-前桥

8.1.3 轮胎式挖掘机支腿的布置与构造

轮胎式挖掘机在作业时由于挖掘反力使轮胎、车轴等行走装置受力很大,不但会影响机械强度而且轮胎的变形会使工作不稳定,在某些挖掘位置,水平反力很大导致挖掘机向前窜动。为了使挖掘机稳定工作,并使轮轴减载,通常都在车架两侧安装液压支腿。支腿在行走时收起,作业时放下,使车架刚性地支撑在地面上。轮式底盘考虑到公路运输,轮距不能过宽,安装液压支腿后,挖掘作业时可将支腿放下,使横向支距加大,提高了侧向挖掘时的稳定性。有些小型轮式挖掘机支腿的支承面制成带刺的爪形装置,以提高机械与土壤的附着力,防止作业时机器水平移动。

对液压支腿的要求是操纵方便,动作迅速,液压回路中应有闭锁装置防止受力后油缸缩回。

液压支腿的结构形式有多种,有单油缸操纵的,也有双油缸操纵的;有横向收缩的,也有纵向收缩的。液压支腿的形式、数量和设置位置应根据底盘结构、转台位置以及作业范围等因素来决定。

1. 双支腿

在小型轮式液压挖掘机中,转台常常偏置于车架的一端,因此设置两个支腿已可保证稳定工作。在拖拉机底盘的悬挂式挖掘机中,同样仅在挖掘工作装置端设置两个液压支腿。双支腿按油缸结构的不同,可分为单油缸式和双油缸式两种。

(1) 单油缸双支腿。

单油缸双支腿是用一个较长的油缸驱动两个支腿伸缩,如图8-7所示。油缸置于箱形横梁中,缸体端与一支腿铰接,活塞杆端与另一支腿铰接。当油泵的压力油进入油缸大腔时,活塞杆外伸,两支腿即伸出支撑地面。反之,油进入油缸小腔,则支腿提起缩回。

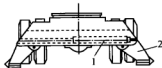


图8-7 单油缸双支腿

这种单油缸支腿的结构较简单,操作方便,但油缸较长,强度差。地面高低不平时左右两支腿不能随意调整。故这种形式一般用于小型轮胎式挖掘机上。

(2) 双油缸双支腿。

双油缸驱动的双支腿是每个支腿由一个油缸驱动。这种支腿具有结构紧凑、动作迅



速、强度高等优点。在不平路面上工作时,各个支腿可调整,支撑效果好,同时这种支腿设计布局方便,故采用较多。

双油缸双支腿由于结构的不同又可分为横向伸缩支腿、纵向伸缩支腿和活动伸缩支腿3种类型。

① 横向伸缩支腿。这种支腿大多安装在车架后部的两侧,向两侧支撑,增加侧向稳定性,是轮式挖掘机上用得较多的形式,如图8-8所示。

② 纵向伸缩支腿。这种支腿通常都装在车架的中部两侧,呈纵向布置,支腿一端铰接于车架,另一端与油缸活塞杆铰接,如图8-9所示。油缸伸出后支腿撑于地面,支腿不超出车身宽度,因此适于狭窄场地工作。当工作装置纵向工作时,支腿能较好地承受水平反力,其缺点是侧向稳定性较差。

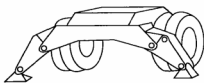


图8-8 横向伸缩支腿

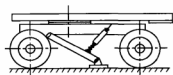


图8-9 纵向伸缩支腿

③ 活动伸缩支腿。活动伸缩支腿是一种位置可任意调整的支腿,如图8-10所示,在车架两侧焊有悬臂支架,支腿通过垂直销轴铰接于支架上。油缸随支腿可任意调整位置。行走时支腿紧贴于车架两侧,使运输时宽度尺寸紧凑。

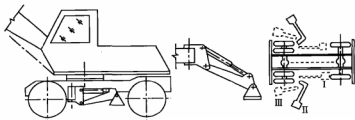


图8-10 活动伸缩支腿

工作时先将支腿拉出,随需要而确定其位置,如垂直于车架则侧向稳定性最好,如倾斜一定角度则支腿的抗水平剪切力的能力最好。油缸输入压力油后,活塞杆外伸,支腿即撑于地面。

这种支腿能适于多种作业工况,机械稳定性好,但支腿位置需人工辅助调整,费时且不便。

2. 四支腿

在中型轮胎式单斗液压挖掘机中通常采用4个伸缩支腿,使车架刚性支承于地面稳定工作。此时轮胎车轴减载,甚至离地不受压力。

常见的四支腿布置有两种。

(1) 四支腿装于车架两端。

这种形式如图 8-11 (a) 所示, 能使挖掘机的横向和纵向稳定性都提高, 对转台中心设于车架中部者最合适, 前后作业都一样。

(2) 四支腿中两个设于车架后端, 另两个安装在前后轮之间。

这种形式如图 8-11 (b) 所示, 用于转台偏置于驱动桥端的挖掘机, 行走时转向桥负荷较轻, 工作时同样有较好的侧向稳定性。工作装置在端部挖掘时由于有两支腿装在车架端, 故承载能力好。

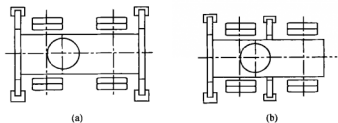


图 8-11 四支腿布置图

项目 8.2 轮胎式挖掘机转向系统



教学目标

1. 知识目标

- (1) 掌握轮胎式挖掘机转向系统的分析方法。
- (2) 掌握轮胎式挖掘机传动系统的特点。

2. 能力目标

- (1) 能够分析轮胎式挖掘机转向系统工作原理。
- (2) 能够分析轮胎式挖掘机与履带式挖掘机的转向方式的不同点。



相关知识

轮胎式挖掘机的转向系统通常采用动力转向，是由油箱、齿轮泵、转向器、转向油缸等液压元件组成的一个独立的液压操纵系统，如图 8-12 所示。

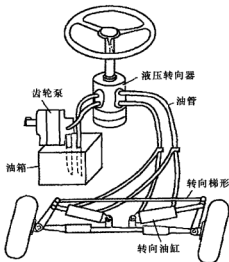


图 8-12 液压转向系统布置图

齿轮泵由发动机带动使之运转，其最高工作压力一般为 7 MPa 左右。

液压转向器（如图 8-13 所示）由一个转阀和一个摆线马达组成，它的 4 个接头（P、

O、A、B) 分别与油泵出油管、油箱及转向油缸的大、小腔 (通过中央回转接头) 相连接。转阀主要由阀芯、阀套、阀体等组成; 摆线马达主要由定子和转子等构成, 马达的输出轴通过连接轴、销子与转阀的阀套连接可以实现随动。

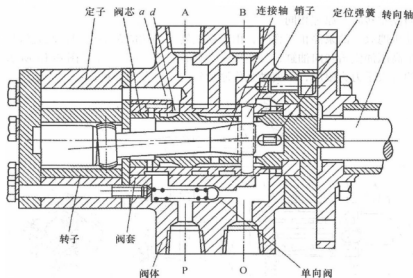


图 8-13 转向器结构原理图

转向液压系统原理如图 8-14 所示。

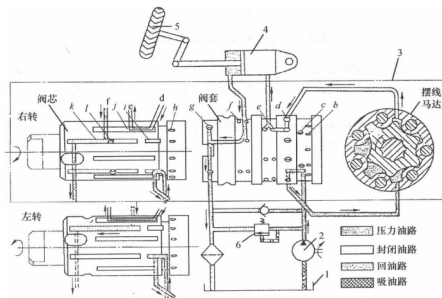


图 8-14 液压转向系统原理图

1-液压油箱; 2-油泵; 3-转向器; 4-转向油缸; 5-前轮; 6-溢流阀



当方向盘不动时,转阀处于中间位置,摆线马达的进出油口及转向油缸均被封闭,油泵供油经转阀回油箱,机械直线行使。当方向盘右转时,转阀阀芯转动,由中间位置转到右边油路位置,油泵供油经转阀进入摆线马达和转向油缸大腔,车轮向右偏转。如方向盘停止转动,则阀芯立即由于阀套的随动作用恢复到中立位置,转向油缸封闭,车轮停止偏转。当方向盘左转时,原理相同。

当柴油机熄火,油泵停止工作时,由于摆线转子马达的泵油作用,此时依靠人工转动方向盘产生高压油供给转向油缸,可实现人力转向(如图 8-15 所示)时,以司机一人的最大手力为限度,不要勉强作原地转向,以免损坏机件。

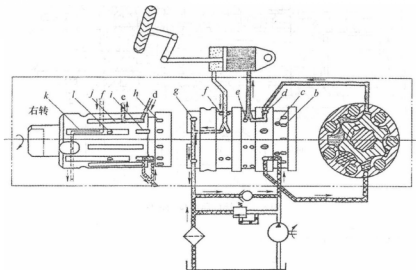


图 8-15 转向器手动右转油液流动示意图

由于转向油泵采用齿轮泵,其流量与发动机转速成正比变化,当发动机转速较低时,转向速度相应减慢。在转向操纵时应加以注意,避免因车速过低而使转向跟不上导致发生事故。

方向盘的空行程摆角单边为 8° 左右。有时空行程摆角较大,其主要原因是系统内有空气,可用铲斗把前轮支离地面来回打方向,使系统内空气通过油箱排气孔排出。

项目 8.3 轮胎式挖掘机制动系统



教学目标

1. 知识目标

- (1) 掌握轮胎式挖掘机制动系统的分析方法。
- (2) 掌握轮胎式挖掘机制动系统的特点。

2. 能力目标

- (1) 能够分析轮胎式挖掘机制动系统工作原理。
- (2) 能够分析轮胎式挖掘机与履带式挖掘机制动方式的异同。



相关知识

行驶中的轮胎式挖掘机在转向或通过一些不平的地面时都要减缓行驶速度，在遇到障碍物或危险时，更需要在尽可能短的时间和距离内将速度降下或停止；如果挖掘机的工作环境是坡地或是在悬崖边，那就更需要有一套良好的制动系统，以便使挖掘机能可靠地停在原地；在下长坡时也需要减速或停车。所有这些都要求设置一套专门的装置来实现制动，这套装置就是制动系统。

挖掘机的制动系统分为两部分，一部分是行走系统的制动，另一部分是回转系统的制动。回转部分的制动请参考本书第3单元，在此介绍轮胎式挖掘机行走制动系统。

制动方式可分为人力制动、气压制动、液压制动、电力制动、复合制动（如电力—液压操纵和电力—气压制动）等。在单发动机驱动的挖掘机中，多半采用人力制动、气压制动、液压制动；而大型挖掘机都以液压制动、复合制动为主。

1. 人力制动

人力制动是依靠司机个人的体力通过踏板来使制动系统产生摩擦制动。

人力制动的结构简单，易于制造，维修简单。此外，司机操纵摩擦离合器或制动器时，接合力或制动力和司机所加的力成正比，易于感觉和控制大小。但是人力制动存在反应慢，操纵笨重费力，驾驶员易于疲劳，生产率较低等特点，故通常只在小型挖掘机中使用。

2. 气动制动

在中小型挖掘机中，气压制动具有一定的优势。主要原因是气体具有很好的压缩性，所以气压操作平稳，对机构造成的动载荷小。同时，气体泄漏对制动系统的影响较液压制

动系统小，不会弄脏挖掘机，不会污染环境，并且气体在低温下工作性能基本不受影响。一般压缩空气的压力为 $0.4 \sim 0.7 \text{ MPa}$ 。气压制动系统由空气压缩机（气泵）、各类气缸、各类操纵阀、管路及气压表等组成。

如图 8-16 所示为 W4—60C 挖掘机气压制动系统。整个气压操纵系统的主要元件包括：空气压缩机（简称空压机）、气体控制阀、储气筒、手操纵气开关（共 3 块）、双向逆止阀、脚踏制动阀、前桥接通气缸、悬挂控制气缸、前后轮刹车气缸（共 4 个），快速放气阀（共 2 个）、气压表等。

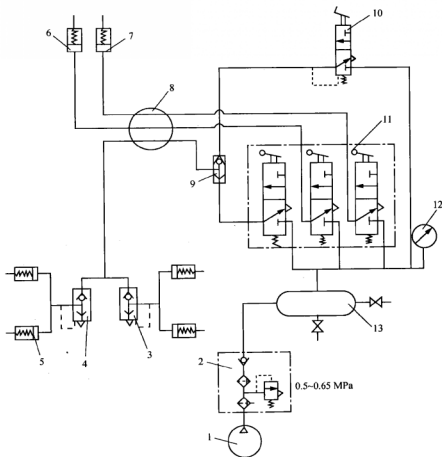


图 8-16 气压制动系统图

1-空压机；2-气体控制阀；3、4-快速放气阀；5-前后轮刹车气缸；6-悬挂控制气缸；7-前桥接通气缸；8-中央回转接头；9-双向逆止阀；10-脚踏制动阀；11-手操纵开关；12-气压表；13-储气筒

空压机由发动机带动运转，从空压机出来的压缩空气首先进入控制阀，控制阀能起到以下综合调节作用：

(1) 将空气中的油及水分分离出来；

- (2) 滤去尘埃等脏物；
- (3) 当空压机在停止运转或卸载时，单向阀可防止储气筒内压缩空气倒流；
- (4) 调节控制阀使储气筒内气压保持在 $0.5 \sim 0.65 \text{ MPa}$ 之间，以保证各气压元件安全可靠地工作。

储气筒容积为 68 L ，空压机（排量为 $0.1 \sim 0.15 \text{ m}^3/\text{min}$ ）充气至储气筒达到规定压力的时间约为 $3 \sim 4 \text{ min}$ ，紧急情况下当气压达 $3 \sim 4 \text{ MPa}$ 时挖掘机即可起步；当空压机突然停止运转时（如皮带断裂），储气筒内压缩空气可供连续刹车 10 次左右。储气筒上的放水阀，用于排出筒内污水，在充气阀上接上软管可为轮胎充气。

手操纵气开关用于控制进入前桥接通气缸、悬挂控制气缸、前后轮刹车气缸的两位三通阀，压缩空气自平台通过中央回转接头输送下去。

行走气制动主要用于作业时防止车轮移动和坡上停车防止车轮下滑（作为机械手刹的辅助）；而脚踏制动则主要用于行驶过程中。双向逆止阀连接在行走气刹气阀与脚踏制动阀管道歧路口，保证当使用一种刹车操纵时，压缩空气不致从另一操纵阀的排气口逸出。

快速放气阀连接在靠近前后轮刹车气缸的歧路口，当进气时仅起三通作用，而当停止进气时（即解除刹车时），能使刹车气缸中的气体迅速自放气阀中放出，以迅速解除制动，防止刹车片磨坏、烧坏。

3. 液压制动

在挖掘中，液压操纵应用较广泛。液压操纵的优点是操纵轻便省力、反应快而灵敏，易于提高机械的生产率。它的缺点是结构复杂，制造精度要求高，成本高，维修难。

液压制动的相关内容请参考本书第3单元。

附录 挖掘机试验技术及检测标准

- [1] GB/T 6572.1—1997 《液压挖掘机 术语》
- [2] GB/T 9139.1—1988 《液压挖掘机 分类》
- [3] GB/T 9139.2—1996 《液压挖掘机 技术条件》
- [4] GB/T 7586—1996 《液压挖掘机 试验方法》
- [5] GB/T 10675—1989 《液压挖掘机 可靠性试验方法》
- [6] GB/T 9140—1996 《液压挖掘机 结构与性能》
- [7] GB/T 9141—1988 《液压挖掘机 结构强度试验方法》
- [8] GB/T 13331—1991 《液压挖掘机 起重能力测试方法》
- [9] GB/T 13332—1991 《液压挖掘机 挖掘力测试方法》
- [10] JG/T 5001—1992 《液压挖掘机 斗齿技术条件》
- [11] JG/T 5038.1—1993 《液压挖掘机 反铲斗容量标定》
- [12] JG/T 5038.2—1995 《液压挖掘机 正铲斗容量标定》
- [13] JG 5044—1993 《液压挖掘机 制动系统的性能要求和试验方法》
- [14] JG 5056—1995 《液压挖掘机 稳定性安全技术要求》
- [15] JG/T 5084—1996 《液压挖掘机和挖掘装载机动臂下降控制装置-性能要求和试验方法》
- [16] JG/T 5003.1—1992 《履带式电动挖掘机基本参数》
- [17] JG/T 5003.2—1992 《履带式电动挖掘机技术条件》

参考文献

- [1] 孔德文, 赵克利, 徐宁生. 液压挖掘机 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [2] 同济大学. 单斗液压挖掘机 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986.
- [3] 唐经世. 工程机械底盘学 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1999.
- [4] 张铁. 液压挖掘机结构原理及使用 [M]. 东营: 石油大学出版社, 2006.
- [5] 赵新庄. 公路施工机械 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [6] 张凤山, 静永臣. 大宇挖掘机构造与维修 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [7] 张凤山, 静永臣. 小松挖掘机构造与维修 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [8] 黄东胜, 邱斌. 现代挖掘机械 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [9] 王安新. 工程机械电器设备 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- [10] 李世华. 现代施工机械实用手册 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006.
- [11] 王定祥. 施工机电 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [12] 赵显新. 工程机械液压传动装置原理与检修 [M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2006.
- [13] 黄志坚, 袁周. 液压设备故障诊断与监测实用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [14] 陈新轩, 许安. 工程机械状态检测与故障诊断 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [15] 刘治平, 章青. 机电传动控制 [M]. 天津: 天津大学出版社, 2007.
- [16] 邓水英. DH225LC-7 型挖掘机主泵系统分析 [J]. 筑路机械与施工机械化, 2009 (3).